This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

UC-NRLF
$B 14 548

Grundzüge der Naturlehre

WALLENTIN

PALMER

IN MEMORIAM
J. Henry Senger

749
W.77

AN INTRODUCTION TO SCIENTIFIC GERMAN

BEING THE FIRST SIX CHAPTERS OF

GRUNDZÜGE DER NATURLEHRE

VON

DR. IGNAZ G. WALLENTIN

k. k. Regierungsrat und Landesschulinspektor in Wien

EDITED WITH NOTES AND VOCABULARY

BY

P. M. PALMER

Lehigh University

BETHLEHEM, PA.
TIMES PUBLISHING COMPANY
1909

101

[illegible]

IN MEMORIAM

Prof. J. Henry Senger

COPYRIGHT, 1909
BY P. M. PALMER

PREFACE.

The following chapters taken from a current German text-book in elementary science represent the editor's idea of what a student of technology should read as an introduction to so-called Scientific German. Inasmuch as teachers of science and engineering are not inclined to take a hand in the teaching of German, the work of initiating the student into the mysteries of German compound-words and participial constructions naturally falls upon the instructor of German who can scarcely be expected to be familiar with the various terms involved in purely technical treatises. A well-balanced instructor may, however, fairly be expected to know something of elementary science from his high school or college courses; the editor, moreover, has yet to see the student of engineering who does not need the first principles of physics, chemistry, electricity and magnetism in his engineering work. The present book is an attempt at furnishing a text which will meet the conditions just stated. The range of the vocabulary presented is large while the style is fairly characteristic of the average science text-book prepared for the German Higher Schools. The cuts included in the text are taken from the original book. Some of them are out-of-date, but,

926549

as they furnish the most suggestive of notes, it has been thought best to retain them.

The editor wishes to express his hearty thanks first of all to Dr. Wallentin for his kind permission to use the text, to Professors Schober and Franklin, of Lehigh University, for valuable suggestions, and to Mr. J. O. Knauss for assistance rendered in reading proof and preparing vocabulary.

South Bethlehem, Pa., June, 1909.

GRUNDZÜGE DER NATURLEHRE.

I. VORBEGRIFFE.

§ 1. Durch die Sinne erlangen wir Kenntnis von unserer Umgebung, der Aussenwelt. Alles das, was wir durch unsere Sinnesorgane, welche die Vermittler der Sinne sind, zu erkennen vermögen, heisst im allgemeinen Natur- oder Sinnenwelt; die sinnlich wahrnehmbaren Dinge nennt man Körper. Ein Körper ist ein von Stoff oder Materie erfüllter Raum; die Menge des Stoffes in diesem Raume heisst Masse des Körpers.

Die uns umgebenden Dinge nehmen wir durch den Gesichts-, Gehörs-, Tast-, Geschmacks- und Geruchssinn wahr. Der Gesichtssinn wird durch das Auge, der Gehörssinn durch das Ohr, der Tastsinn durch die Hautfläche, der Geschmackssinn durch die Zunge, der Geruchssinn durch die Schleimhaut, welche die Nasenhöhle auskleidet, vermittelt. Ein Körper wirkt im allgemeinen nicht auf alle Sinnesorgane; so wirkt ein Stück Steinsalz auf unser Auge, auf unsere Tastorgane, auf unser Ohr (wenn wir es fallen lassen), auf unsere Geschmacksnerven, nicht aber auf unser Geruchsorgan. Die atmosphärische Luft wirkt auf unsere Tastorgane, wenn sie bewegt ist, oder wenn sie warm oder kalt ist; unter Umständen wirkt sie auf unser Auge (z. B. wenn sie durch eine elektrische Entladung ins Glühen gebracht wurde); auf unsere Geruchs-, Geschmacks- und Gehörsorgane wirkt reine und ruhige Luft nicht.

§2. **Ausdehnung der Körper im Raume.** Die geometrische Grösse des Raumes, welchen ein Körper einnimmt, bestimmt das Volumen oder den Kubikinhalt des Körpers. Jeder Körper dehnt sich nach allen Richtungen aus, welche sich auf drei Hauptrichtungen beziehen lassen; er hat—wie man sich ausdrückt—drei Dimensionen: Länge, Höhe oder Tiefe, Breite oder Dicke. Durch die Grenzen des Körpers, welche Flächen heissen, wird die Figur desselben bestimmt. Ist dieselbe ganz unregelmässig, so heisst der Körper gestaltlos (amorph, z. B. Kreide); ist die Figur des Naturkörpers regelmässig, nach bestimmten Gesetzen aufgebaut, so heisst derselbe ein Kristall (Bergkristall, Bleiglanzkristalle u. a.); ist der Körper aus einer grossen Menge von Kristallanfängen zusammengesetzt, so wird er kristallinisch genannt (z. B. Zucker).

Zur Messung der Ausdehnung eines Körpers muss ein bestimmtes Längenmass als Einheit zu Grunde gelegt werden. Die jetzt ziemlich allgemein in Verwendung stehende Längeneinheit ist das Meter, welches der 40-millionste Teil eines Erdmeridians ist.

Zur Einheit des Flächenmasses wird jetzt meist ein Quadrat gewählt, dessen Seite 1 *m* beträgt, also ein Quadratmeter.

Als Einheit des Hohlmasses wird nach dem metrischen Systeme ein Würfel gewählt, dessen Seite 1 *dm* beträgt, also ein Kubikdezimeter, und mit dem Namen Liter bezeichnet.

§ 3. **Undurchdringlichkeit.** Versuche: 1. Ein mit der Oeffnung abwärts gekehrtes Glas wird derart ins Was-

ser getaucht, dass der ganze Rand der Glasöffnung zugleich das Wasserniveau berührt; die Flüssigkeit steigt in dem Glase nur wenig in die Höhe, auch wenn das Glas tief eingetaucht ist. 2. Ein in einem unten geschlossenen Glaszylinder luftdicht anschliessender beweglicher Kolben lässt sich niemals bis auf den Boden des Zylinders drücken. 3. Wird ein Körper in ein ganz mit Wasser gefülltes Gefäss getaucht, so läuft das Wasser über den Rand des Gefässes.

All diese Erscheinungen lassen sich durch die Eigenschaft der Materie, welche wir Undurchdringlichkeit nennen, erklären, derzufolge den Raum, den ein Körper einnimmt, gleichzeitig ein zweiter Körper nicht einnehmen kann; letzterer kann erst dann an die Stelle des ersten treten, wenn dieser aus dem Raume verdrängt ist.

Dass manche Körper, z. B. Fliesspapier, Ton u. dgl. Wasser einsaugen, ist keineswegs ein Widerspruch mit der Undurchdringlichkeit der Körper; das Wasser befindet sich nämlich in den bezeichneten Fällen zwischen den Teilchen des Fliesspapiers, des Tones, und zwar in den Poren dieser Körper, mit welchem Namen man die Zwischenräume zwischen den Teilchen der Körper bezeichnet.

Auf dem Versuche 1. beruht die Taucherglocke, welche heutzutage durch Kautschukkleidungen, Skaphander genannt, ersetzt ist.

§ 4. **Teilbarkeit der Materie. Aggregatzustand.** Mechanische Teilbarkeit ist die Eigenschaft eines Körpers, dass er sich durch mechanische Mittel in kleinere, mit dem ganzen Körper stofflich gleichartige Teile zerlegen

lässt. Die mechanische Teilbarkeit der Materie geht sehr weit; wie weit, können wir nicht ermessen, da die kleinsten Teile, welche noch hergestellt werden können, sich der Wahrnehmung entziehen.

Bekannte Beispiele von grosser Teilbarkeit sind die Farb- und Riechstoffe. Ein Tropfen Indigo kann mehr als 5 Liter Wasser noch immer merklich färben; eine geringe Menge Moschus verleiht in kurzer Zeit grossen Räumlichkeiten den eigentümlichen Geruch; derselbe bleibt jahrelang und die Abnahme des Moschus an Gewicht ist nur unbeträchtlich. Wollaston stellte einen Platindraht her, der nur $\frac{1}{1200}$ *mm* dick war, so dass man 140 solcher Drähte zusammenlegen müsste, um die Dicke eines einzelnen Kokonfadens zu erhalten.

Bei der Teilung von Körpern auf mechanischem Wege macht man die Beobachtung, dass der Widerstand, welcher von den verschiedenen Körpern der Teilung entgegengesetzt wird, ein verschiedener ist und daraus ziehen wir den Schluss, dass die Teilchen der verschiedenen Körper einen sehr verschiedenen Zusammenhang besitzen.

So gelingt die mechanische Teilung leichter bei Wasser als bei Steinsalz; bei diesem leichter als bei Eisen.

Es sind somit in verschiedenen Körpern die kleinsten Massenteilchen in ungleicher Weise vereinigt oder aggregiert. Nach dem Widerstande, den ein Körper der Trennung oder Verschiebung seiner Teilchen entgegensetzt, unterscheidet man drei Aggregatzustände: den festen oder starren, den flüssigen und den luftförmigen oder gasförmigen.

Die festen Körper leisten der Verschiebung oder Trennung der Teilchen einen bedeutenden Widerstand; derselbe ist sehr gering, wenn es sich um die Verschiebung oder Trennung der Teilchen von flüssigen Körpern handelt; die luftförmigen Körper besitzen einen noch geringeren Zusammenhang, es entfernen sich ihre Teilchen immer weiter von einander, wenn sie nicht in einem Gefässe eingeschlossen sind, sie füllen jeden ihnen dargebotenen Raum aus; diese Eigenschaft luftförmiger Körper wird als Expansionsfähigkeit oder Ausdehnsamkeit bezeichnet. Da die luftförmigen Körper in vielen physikalischen Beziehungen den flüssigen Körpern ähnlich sind, hat man sie auch ausdehnsamflüssige Körper genannt, während die Flüssigkeiten, welche (wie Wasser oder Quecksilber) in kleinen Quantitäten eine selbständige Gestalt (Tropfengestalt) annehmen, tropfbarflüssige Körper genannt werden.

Die festen Körper besitzen eine selbständige Gestalt; die tropfbar-flüssigen Körper nehmen in grösserer Menge die Form des Gefässes an, in dem sie sich befinden; die ausdehnsam-flüssigen Körper müssen in allseits luftdicht verschlossenen Gefässen aufbewahrt werden, sie erfahren durch die Wände des Gefässes, das sie einschliesst, ein Hindernis ihrer Ausdehnung und drücken gegen dieselben (Spannkraft). Die Luft übt auf alle Körper, die sich in ihr befinden, von allen Seiten einen Druck aus.

— Manche Körper kommen in allen drei Aggregatzuständen vor (z. B. Wasser als Eis, tropfbares Wasser und Wasserdampf; Schwefel als fester, flüssiger und

gasförmiger Schwefel oder Schwefeldampf); manche nur in zwei Aggregatzuständen (wie Jod als festes Jod und Joddampf); manche nur in einem Aggregatzustande (wie Holz).

§ 5. **Schwerkraft. Lotrechte, wagrechte Richtung.** Versuch: Entzieht man einem Steine, einer Kugel oder einem anderen Körper, welcher auf einer Unterlage ruht, die letztere, so bewegen sich diese Körper abwärts, sie fallen—wie man sich ausdrückt—auf den Boden herab, und zwar infolge einer Ursache, der Schwerkraft, welche die Erde auf alle Teilchen eines Körpers ausübt.

Die Schwere kommt allen Körpern zu. Auch Flüssigkeiten und Gase sind schwer, wie z. B. das Fallen eines Regentropfens und das Ueberleeren von Kohlensäure aus einem Zylinder in einen anderen Zylinder zeigt.

Versuch: Befestigt man an das Ende eines Fadens eine Bleikugel und hängt das andere Ende des ersteren auf, so wird der Faden durch die Kugel in der Richtung von oben nach unten geradlinig gespannt. Die Richtung des gespannten Fadens, wenn er in Ruhe ist, gibt die Richtung der Schwerkraft an; würde nämlich die Schwerkraft eine andere Richtung besitzen, so würde der Faden nach dieser anderen Richtung gespannt erscheinen. Der Faden mit der Kugel wird Bleilot genannt; die Richtung des gespannten Fadens heisst lotrecht oder vertikal.

Versuch: Lässt man neben dem durch die Bleikugel gespannten Faden einen Stein herabfallen, so bewegt

er sich längs des Fadens, also auch in lotrechter Richtung, zur Erde. Die Körper fallen also in vertikaler Richtung zur Erde.

Versuch: Lässt man in eine ruhende Wasserfläche die Kugel eines Bleilotes tauchen und legt den einen Schenkel eines rechten Winkels an den gespannten Faden an, so fällt der andere Schenkel mit der ruhenden Wasserfläche zusammen, man mag die Ebene des rechten Winkels beliebig verändern.—Man kann deshalb sagen: ein ruhiges Bleilot steht senkrecht auf der Wasseroberfläche; die Ebene oder Gerade, auf welcher ein Lot senkrecht steht, nennt man wagrecht oder horizontal, auch wasserrecht.

—Man benützt das Lot, um Gegenstände (z. B. Mauern) vertikal zu stellen. Um Gegenstände wagrecht zu stellen, benützt man die Setz- oder Schrotwage. Die Lotlinie an einem Orte steht auf dem Horizonte desselben, somit auf der Erdoberfläche senkrecht. Da nun die Erde als eine Kugel angesehen werden kann und die auf einer Kugelfläche senkrechten Geraden verlängert durch den Kugelmittelpunkt gehen, so folgt, dass die Lotlinien an den verschiedensten Orten alle durch den Erdmittelpunkt gehen. Es können aber wegen des grossen, ungefähr 6371 *km* betragenden Erdradius die nahe aneinander liegenden Orten entsprechenden Lote als parallel angesehen werden.

Versuch: Eine Flaumfeder, ein Stückchen Papier und ein Stückchen Metall, in gleicher Höhe von der Erdoberfläche losgelassen, kommen in ungleichen Zeiten auf dem Erdboden an; zuerst gelangt dorthin das Me-

tallstück, hierauf das Papier und endlich die Flaumfeder. Bringt man die drei Körper in eine lange, ziemlich weite Glasröhre, aus welcher die Luft entfernt worden ist [Fallröhre], und lässt sie von dem einen Ende der Röhre gegen das andere hinfallen, so kommen sie daselbst zur gleichen Zeit an. Die Feder vermag weniger als das Papier, letzteres weniger als das Metallstück im lufterfüllten Raume die der Bewegung widerstehende Luft auf die Seite zu schieben. Im luftleeren Raume fällt dieser Widerstand weg und die Körper kommen zur selben Zeit am Boden an.

§ 6. **Gewicht. Absolutes und spezifisches Gewicht. Relative Dichte.** Versuche: Legen wir einen Körper auf die Handfläche so fühlen wir einen auf die Hand ausgeübten Druck, der dieselbe vertikal abwärts zu bewegen strebt. Dieser Druck, welchen die Körper deshalb auf ihre horizontale, ruhende Unterlage ausüben, weil sie von der Erde angezogen werden, oder weil sie schwer sind, nennen wir das absolute Gewicht oder schlechtweg das Gewicht des Körpers. Gibt man zu dem Körper, der sich auf der flachen Hand befindet, einen zweiten hinzu, so nimmt der vertikal abwärts gerichtete Druck zu; es wächst somit dieser Druck oder das Gewicht des Körpers mit seiner Masse.

Es folgt dies unmittelbar, wenn man bedenkt, dass jedes Massenteilchen eine Anziehung von der Erde erleidet, also schwer ist und infolge seiner Schwere einen Druck auf die Unterlage ausübt; die Gewichte von Körpern, welche eine 2-, 3-, 4mal so grosse Masse besitzen als ein anderer Körper, werden daher 2-, 3-, 4mal

so gross sein als das Gewicht des ersten Körpers. Man sagt: Masse und Gewicht eines Körpers sind proportional. Wir können deshalb aus dem Verhältnis der Gewichte zweier Körper einen Rückschluss auf das Verhältnis ihrer Massen ziehen.

Das Gewicht des Körpers wird mittels des Wägens bestimmt; man nimmt nämlich den vertikalen Zug oder Druck eines bestimmten Körpers als Gewichtseinheit an und bestimmt durch die Wage, wie viele Gewichtseinheiten denselben vertikalen Zug oder Druck ausüben wie der zu wägende Körper. Als Einheit des Gewichtes wird das Gramm (*g*) angenommen; dasselbe ist das Gewicht eines Kubikzentimeters reinen Wassers bei 4^0 C. unter der geographischen Breite und Seehöhe von Paris.

Bei der Temperatur von 4^0 C. sind die Wassermoleküle am dichtesten aneinander gelagert, das Wasser ist bei dieser Temperatur am dichtesten. Der Zusatz "unter der geographischen Breite und Seehöhe von Paris" ist deshalb wichtig, weil—wie wir später sehen werden—das Gewicht eines Körpers durchaus keine unveränderliche Grösse ist, sondern von dem Orte, an welchem er sich befindet, abhängt.

Spezifisches Gewicht. Dichte. Versuch: Wägt man einen Würfel aus Blei von der Grösse eines Kubikzentimeters, so findet man das Gewicht desselben 11 Gramm; ein ebenso grosser Würfel aus Nickel wiegt unter denselben äusseren Verhältnissen ungefähr 9 Gramm, aus Eisen ungefähr 7 Gramm, aus Schwefel 2 Gramm, während—wie wir früher sahen—das Gewicht von

1 cm^3 reinen Wassers bei 4° C. 1 Gramm ist. Bei jedem Körper hat man also das ihm eigentümliche oder das spezifische Gewicht, welches das Gewicht der Volumseinheit, als die wir 1 cm^3 annehmen wollen, ist, ins Auge zu fassen. Wir können deshalb sagen: das spezifische Gewicht des Bleis ist 11 Gramm, das des Nickels 9 Gramm, des Eisens 7 Gramm, des Schwefels 2 Gramm.

Das absolute Gewicht eines Körpers ist das Gewicht desselben ohne Rücksichtnahme auf dessen Volumen.

Da wir wissen, dass das spezifische Gewicht des Eisens 7 Gramm beträgt, so kann man das absolute Gewicht eines Eisenstückes z. B. vom Rauminhalte 20 cm^3 leicht berechnen; es ist nämlich dasselbe 7 Gramm $\times 20 = 140$ Gramm; man findet somit das absolute Gewicht eines Körpers, wenn man dessen spezifisches Gewicht mit dem Volumen des Körpers multipliziert.

Da 1 cm^3 Blei 11 Gramm wiegt, während 1 cm^3 reinen Wassers bei 4° C. 1 Gramm wiegt, so kann man sagen: 1 cm^3 Blei wiegt 11mal so viel als 1 cm^3 Wasser bei 4° C. Daraus folgt, dass überhaupt ein bestimmtes Volumen Blei 11mal so viel wiegt als ein ebenso grosses Volumen chemisch reinen Wassers bei 4° C.

Man nennt jene Verhältniszahl, welche angibt, wie vielmal das Gewicht eines Körpers grösser ist als das Gewicht eines gleich grossen Wasserkörpers bei 4° C., die relative Dichte des Körpers.

Die relative Dichte des chemisch reinen Wassers bei 4° C. ist daher als Einheit zu betrachten. Man stellt sich vor, dass die Massenteilchen in einem Stücke Eisen 7mal zusammengedrängter sind als in einem ebenso

grossen Wasservolumen. Die relative Dichte eines Körpers findet man nach dem Vorstehenden, wenn man das absolute Gewicht des Körpers dividiert durch das absolute Gewicht eines gleich grossen Wasserkörpers bei 4° C.

Man muss wohl unterscheiden zwischen den beiden Aussprüchen: "Das spezifische Gewicht des Eisens ist 7 Gramm" und "die relative Dichte des Eisens ist 7."

§ 7. **Schwere der atmosphärischen Luft und der Gase. Luftdruck.** Versuch: Macht man einen Glasballon, der ungefähr 8 Liter fasst und mit einem Hahn verschliessbar ist, durch einen später näher zu beschreibenden Apparat (Luftpumpe) luftleer, verschliesst den Hahn, hängt den Ballon hierauf an die eine Seite einer genauen Wage und bringt in die auf der andern Seite derselben angebrachte Wageschale so lange Gewichte, bis Gleichgewicht hergestellt ist, so wird beim Oeffnen des Hahnes die Luft mit Zischen in den Ballon eindringen und letzterer wird sinken. Das Gewicht desselben ist grösser geworden um das Gewicht der von aussen in den Ballon eingetretenen Luft. Es ist also die atmosphärische Luft schwer. In ähnlicher Weise lässt sich nachweisen, dass jedes Gas schwer ist.

Versuch: Füllt man ein Trinkglas vollständig mit Wasser, deckt es mit einem Blatt Papier zu und dreht es vorsichtig um, so fällt das Papier nicht herunter und das Wasser fliesst nicht aus. Es muss somit ein Druck von unten aufwärts gegen das Papier wirken und das Herausfliessen des Wassers aus dem Gefässe verhindern. Dieser Druck, welcher Luftdruck heisst, verdankt

seine Entstehung der Schwere und der Spannkraft der Luft und beträgt, wie wir später sehen werden, ungefähr 1 *kg* auf ein Quadratzentimeter. Die den Erdball umgebende Atmosphäre reicht bis zu einer Höhe von 10—12 geographischen Meilen.

Wir können die Atmosphäre wie ein Meer betrachten das die Erdoberfläche umgibt und auf dessen Grunde wir wandeln. Das Blatt Papier in unserem Versuche wird daher durch die Spannkraft der Luft an den Glasrand angepresst und auf diese Weise das Ausfliessen der Flüssigkeit verhindert.

II. LEHRE VON DER WÄRME.

§ 1. **Wärme. Temperatur.** Wir erhalten durch Berühren eines Körpers eine eigentümliche Empfindung, die wir mit dem Namen "warm," "kalt," bezeichnen. Die Ursache dieser Empfindungen nennen wir Wärme und nehmen an, dass jeder Körper eine bestimmte Wärmemenge besitzt, welche den Wärmezustand desselben bestimmt. Durch unsere Empfindung machen wir in dem Wärmezustand eines Körpers verschiedene Unterschiede; so bezeichnen wir den Wärmezustand der Körper bald als heiss, bald als warm, als lau, als kühl, als kalt. Die Temperatur eines Körpers ist jene Eigenschaft, durch welche er in unserem Gefühle diese Empfindung hervorruft, und zwar bezeichnen wir die Temperatur eines Körpers als eine hohe, wenn er uns heiss, hingegen als eine tiefe, wenn er uns kühl oder kalt erscheint. Zwischen einem Körper von höherer und einem solchen von tieferer Temperatur findet so lange ein Wärmeausgleich statt, bis beide Körper dieselbe Temperatur haben; so wird ein Stück heisses Eisen in kaltes Wasser geworfen, einen Teil seiner Wärme an das Wasser abgeben, bis beide dieselbe Temperatur besitzen. Man nennt diese Erscheinung Mitteilung der Wärme.

Unser Gefühl ist nicht ausreichend zur Bestimmung der Temperatur eines Körpers, da uns dieser warm oder kalt erscheint, je nachdem seine Temperatur höher oder

niedriger als die der Körperstelle ist, mit der wir ihn berühren.

Das Wort "kalt" bezeichnet nach dem Vorstehenden nicht ein gänzliches Fehlen der Wärme, sondern nur einen niedrigeren Wärmegrad; so erscheint, wenn wir zuerst eine Hand in kaltes Wasser, sodann dieselbe Hand in laues Wasser geben, letzteres warm; wenn wir aber die Hand zuerst in warmes, hierauf in laues Wasser tauchen, so bezeichnen wir das letztere als kühl.

§ 2. **Veränderung des Volumens der Körper durch die Wärme.** Versuche: Wird eine kleine Messingkugel,

Fig 1.

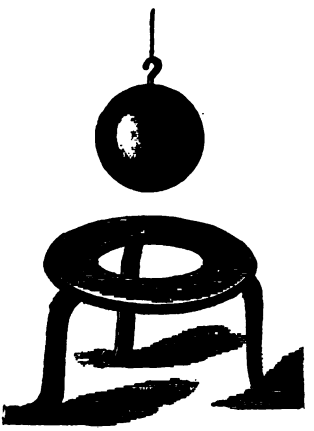


Fig. 2.

welche durch einen untergesetzten Ring noch gerade hindurchfallen kann, erwärmt, so bleibt sie im erwärm-

ten Zustande auf dem Ringe sitzen und fällt erst hindurch, wenn sie sich abgekühlt hat (Fig. 1). Wird eine Flasche, die mit einem Korkpfropf versehen ist, in welchem eine enge Glasröhre eingeführt ist und die z. B. mit Wasser bis *a* gefüllt ist, erwärmt, so steigt das Wasser und kommt nach *b* (Fig. 2); nach Wegnahme der Wärmequelle zieht sich das Wasser zusammen und gelangt wieder allmählich nach *a*. Stellt man unter eine gläserne Hohlkugel, welche in eine Glasröhre endigt, die in Wasser taucht, eine Wärmequelle (Fig. 3), so dehnt sich die im Ballone befindliche Luft aus und steigt in zahlreichen Blasen durch die Röhre aus dem Wasser empor. Nach dem Entfernen der Wärmequelle tritt Wasser durch die Röhre ein.

Fig. 3.

Alle Körper mit wenigen Ausnahmen werden durch die Wärme ausgedehnt, beim Abkühlen ziehen sie sich zusammen.

Da die Ausdehnung der Körper mit der Temperatur nahezu proportional ist, d. h. einer höheren Temperatur eine in demselben Masse grössere Ausdehnung entspricht, so benutzen wir vorderhand die Ausdehnung der Körper durch Wärme zum Messen der Tempera-

turen, und zwar werden wegen der leichteren Wahrnehmung der Volumsveränderungen von Flüssigkeiten und Gasen hauptsächlich diese gebraucht, um Temperaturen beurteilen zu können. Hierzu dienliche Instrumente heissen Thermoskope, wenn sie nur dazu dienen, die Temperaturveränderungen ungefähr zu schätzen, hingegen Thermometer, wenn man mit ihnen Temperaturen messen kann. Den hierbei gebrauchten flüssigen oder gasförmigen Körper nennt man thermometrische Substanz.

§ 3. **Quecksilber-Thermometer.** Zur Konstruktion eines Quecksilber-Thermometers verwendet man eine überall gleich weite Glasröhre, die am unteren Ende mit einer Erweiterung versehen ist.

Man füllt die Erweiterung und einen Teil der Röhre mit chemisch reinem Quecksilber, indem man durch Erhitzen die in der Erweiterung und Röhre befindliche Luft ausdehnt, hierauf die Röhre mit ihrer Mündung in das chemisch reine Quecksilber stellt; beim Abkühlen der Erweiterung und der in ihr enthaltenen Luft zieht sich letztere zusammen und an die Stelle der verdrängten Luft tritt jetzt Quecksilber. Durch mehrmaliges Wiederholen dieses Verfahrens und Erhitzen des Quecksilbers bis zum Sieden wird sowohl die Erweiterung als auch die Thermometerröhre luftleer und füllt sich beim Erkalten ganz mit Quecksilber. Man erwärmt nun das Gefäss etwas über die höchste Temperatur, welche das Thermometer noch anzeigen soll und schmilzt sodann die Spitze der Thermometerröhre,

solange letztere noch vollständig mit Quecksilber gefüllt ist, zu.

Man bestimmt an der Glasröhre zwei feste Punkte (Fundamentalpunkte), deren Abstand (Fundamentalabstand) in gleiche Teile geteilt wird. Da der Schmelzpunkt des Eises (die Temperatur des Eises, bei welcher es in den flüssigen Zustand übergeht) und der Siedepunkt des Wassers, d. i. jene Temperatur, bei welcher Wasser sich in Dampf verwandelt, immer leicht wieder zu bestimmen sind und an diesen Punkten die Stellung des Quecksilbers eine andauernde ist, so werden dieselben als Fundamentalpunkte gewählt.

Fig. 4.

Den Eispunkt bestimmt man in der Weise, dass man um die Thermometerkugel ein Gefäss mit schmelzendem Schnee oder Eis bringt; bei der stetig vorsichgehenden Zusammenziehung nimmt endlich das Quecksilber einen fixen Stand an, solange noch nicht aller Schnee oder das Eis geschmolzen ist; dieser Punkt ist der Eispunkt. Dämpfe, welche sich aus siedendem Wasser entwickeln, haben eine ganz bestimmte Temperatur, welche auch, wenn man dem Wasser noch mehr Wärme zuführt, nicht gesteigert werden kann. Bringt man daher das Thermometer in ein eigens hierzu konstruiertes Gefäss [Siedeapparat] (Fig. 4), in welchem es von den beim Sieden des Wassers entstandenen Dämpfen umgeben ist, so

steigt das Quecksilber und nimmt endlich einen fixen Stand in der Röhre ein (Siedepunkt).

Der Fundamentalabstand wird nach Celsius in 100 Teile geteilt; die Teilstriche werden auf der Röhre markiert; der Eispunkt ist beim hundertteiligen Thermometer mit 0, der Siedepunkt mit 100 bezeichnet.

Steht das Quecksilber beim n^{ten} dieser Teilstriche, so sagt man, das Thermometer zeige n Zentesimalgrade oder n Grade Celsius (n^0 C.) an. Die Teilung wird unter dem Eispunkte fortgesetzt und die einzelnen Teilstriche mit den aufeinanderfolgenden negativen natürlichen Zahlen bezeichnet (Kältegrade).

Reaumur teilte den Fundamentalabstand in 80 Teile, Fahrenheit in 180 Teile; letzterer nahm den Nullpunkt 32^0 unter dem Eispunkte an.

Da 100^0 Celsius (C), 80^0 Reaumur (R) and 180^0 Fahrenheit (F) auf dieselbe Länge des Thermometerrohres, den Fundamentalabstand, gehen, so ist

$$1^0\,C = \frac{4^0}{5}\,R = \frac{9^0}{5}\,F;\quad 1^0\,R = \frac{5^0}{4}\,C = \frac{9^0}{4}\,F;$$

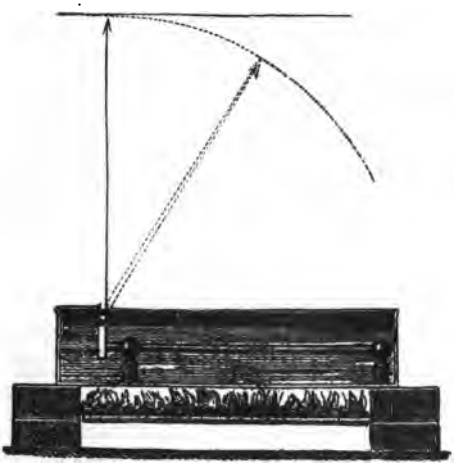
$$1^0\,F = \frac{5^0}{9}\,C = \frac{4^0}{9}\,R.$$

30^0 C. entsprechen daher $\frac{4}{5} \times 30^0 = 24^0$ R. oder $\frac{9}{5} \times 30^0 = 54^0$ F.; da aber Fahrenheit den Nullpunkt seiner Teilung 32^0 unter dem Eispunkte ansetzte, so sind 30^0 C. $= 86^0$ F. Zeigt ein nach Fahrenheit geteiltes Thermometer 140^0 an, so liegen über dem Eispunkte 108^0 F. und diese entsprechen $108 \times \frac{5^0}{9}$ C. $= 60^0$ C. oder $108 \times \frac{4^0}{9}$ R. $= 48^0$ R.

Da das Quecksilber bei nahezu —38° C. gefriert, so wendet man für niedrige Temperaturen mit Vorteil Weingeistthermometer an, weil Weingeist bei hohem Perzentgehalte auch bei sehr niedrigen Temperaturen flüssig bleibt.

§ 4. **Ausdehnung der festen Körper durch die Wärme.** Da die Ausdehnung der festen Körper durch die Wärme nicht bedeutend ist, so muss man, um erstere studieren zu können, eigens hierzu eingerichtete Apparate in Anwendung bringen. Ein solcher ist nachstehender Apparat (Fig. 5): Der Stab, dessen Ausdehnung durch die Wärme zu untersuchen ist, wird in einem etwa mit Oel gefüllten Trog derart untergebracht, dass eines seiner Enden auf eine feste Widerlage stösst, während das andere an den kurzen Arm eines vertikalen Zeigers sich stemmt; der grössere Arm des Zeigers hat eine im Verhältnis zum kürzeren bedeutende Länge und sein in eine Spitze ausgehendes Ende spielt auf einer Teilung.

Fig 5.



Erwärmt man den Stab um eine bestimmte Anzahl Grade, so dehnt er sich aus, das kürzere Ende des Zeigers wird nach links gedreht, das längere Ende desselben nach rechts und eine geringe Verlängerung des Stabes kann durch diesen Apparat deutlich sichtbar gemacht werden.

Durch Erwärmen eines und desselben Stabes auf verschiedene Temperaturen hat man gefunden, dass 1. zwischen dem Eis- und Siedepunkte (also zwischen 0^0 C. und 100^0 C.) die Verlängerungen sich wie die Temperaturzunahmen verhalten, dass also einer 2, 3, 4 . . . mal so grossen Temperaturzunahme eine 2, 3, 4 . . . mal so grosse Verlängerung des Stabes entspricht. 2. Versuche mit Stäben von gleichem Materiale, aber von ungleicher Länge haben ergeben, dass die Verlängerung bei derselben Temperaturzunahme in demselben Verhältnisse wächst wie die Stablänge. 3. Erwärmt man Stäbe von gleicher Länge, aber verschiedener Materie (z. B. einen Eisen-, Messing-, Kupferstab) um dieselbe Temperatur, so sind ihre Verlängerungen ungleich.

Auf die Ausdehnung durch die Wärme ist beim Legen von Eisenbahnschienen, bei der Konstruktion von eisernen Brücken und eisernen Baugerippen u.s.f. Rücksicht zu nehmen. Eiserne Reifen, die im erwärmten Zustande auf einen Körper (z. B. Wagenrad) leicht passend aufgeschoben werden, umschliessen denselben nach ihrer Abkühlung sehr fest. Ist eine glühende Stange mit zwei auseinandergewichenen Mauern fest verbunden, so werden bei der Abkühlung der ersteren die Mauern sich wieder zusammenziehen.

§ 5. **Ausdehnung der Flüssigkeiten.** Da die Flüssigkeiten keine selbständige Gestalt besitzen, sondern in Gefässen aufbewahrt werden müssen, so erfährt man bei der Erwärmung einer in einem Gefässe eingeschlossenen Flüssigkeit nicht deren wahre Ausdehnung, d. i. diejenige, die man bemerken würde, wenn das Gefäss sich nicht ausdehnen würde, sondern die scheinbare Ausdehnung der Flüssigkeit; da nämlich bei der Erwärmung auch eine Volumsvergrösserung des Gefässes statthat, so wird bewirkt, dass die in dem Gefässe eingeschlossene Flüssigkeit sich um weniger auszudehnen scheint, als es in Wirklichkeit der Fall ist. Die Flüssigkeiten dehnen sich stärker als die festen Körper und im allgemeinen nicht der Temperaturänderung proportional aus.

Die Ausdehnung des Quecksilbers (wenigstens bis 100° C.) erfolgt der Temperaturänderung proportional.

Versuch: Man fülle eine Kochflasche mit kaltem Wasser bis oben an und verschliesse sie durch einen doppelt durchbohrten Kork, in welchen man eine Glasröhre und eine Thermometerröhre steckt. Man beobachte den Stand des Wassers in der Röhre und die Temperatur. Stellt man die Kochflasche in Wasser von 0° C. (also Wasser mit Schnee oder Eis gemischt), so nimmt die Temperatur in der ersteren ab und es sinkt das Wasser in der Röhre, bis die Temperatur von ungefähr 4° C. erreicht ist. Bei weiterer Abkühlung fällt das Quecksilber im Thermometer noch mehr, das Wasser steigt aber in der Röhre wieder so hoch, als es bei ungefähr 9° stand.

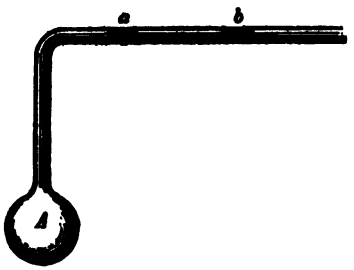
Wird also Wasser von 4° C. bis auf 0° C. abgekühlt,

so zieht es sich nicht zusammen, sondern dehnt sich aus; wird es umgekehrt von 0° auf 4° erwärmt, so beobachtet man, dass es sich nicht ausdehnt, sondern zusammenzieht. Nimmt man das Volumen des Wassers bei 0° C. als 1 an, so ist es bei 4° C. 0·99987.

Die vorteilhaften Folgen dieser Eigenschaft des Wassers im Haushalte der Natur werden wir später kennen lernen.

§ 6. **Ausdehnung der Gase durch die Wärme.** Versuch: Eine Glaskugel *A* (Fig. 6), welche in eine rechtwinklig gebogene Glasröhre ausgeht, sei mit trockener Luft gefüllt und letztere durch einen Quecksilbertropfen abgesperrt. Das Volumen der Kugelröhre und den Röhrenquerschnitt kennt man. Wird die Kugel zuerst in ein Gefäss gebracht, in dem sich Wasser mit Eisstücken oder Schnee gemengt befindet, so steht der Quecksilberfaden bei *a*; wird die Kugel sodann gereinigt und (z. B. durch ein Oelbad) um eine genau bestimmte Anzahl Grade erwärmt, so schiebt die ausgedehnte Luft den Quecksilberfaden vorwärts bis *b*. Aus der Grösse dieser Verschiebung und mit Rücksichtnahme auf die Ausdehnung des Gefässes kann man die Ausdehnung des in der Kugelröhre befindlichen Gases messen. Bei diesem Versuche ist der vom Gase aus-

Fig. 6.



geübte Druck, welcher mit dem Drucke der äusseren Luft im Gleichgewicht steht, konstant, wenn letzterer konstant ist.

Derartige Versuche haben ergeben, dass 1. die Gase sich noch viel stärker als die Flüssigkeiten durch Erwärmung ausdehnen; dass 2. die Ausdehnung genau in gleichem Verhältnisse mit der Erwärmung steht (auch für sehr hohe Temperaturen) und dass 3. die Zunahme des Volumens des Gases bei der Erwärmung desselben um 1° C. für alle Gase nahezu dieselbe, nämlich 0·003665 $= \frac{1}{273}$ des anfänglichen Volumens ist; d. h. wenn das Volumen eines Gases z. B. bei 0° C. $1m^3$ ist, so ist es bei 100° C. $1m^3 + 0 \cdot 3665m^3 = 1 \cdot 3665m^3$.

§ 7. **Änderung der Dichte mit der Temperatur.** Wenn ein Körper erwärmt wird und sich ausdehnt, so sind in demselben jetzt die Körperteilchen weniger dicht zusammengedrängt, als es in dem unerwärmten Körper der Fall war; in der Volumseinheit des erwärmten Körpers befinden sich weniger materielle Teilchen als in der Volumseinheit des unerwärmten Körpers. Da auch das absolute Gewicht eines Körpers von der Anzahl der materiellen Teilchen, also der Masse abhängig ist, so können wir daher sagen: Die Dichte und das spezifische Gewicht eines Körpers ist von der Temperatur abhängig und zwar werden diese Grössen für Körper, welche sich bei der Erwärmung ausdehnen, kleiner, wenn die Temperatur höher wird, und umgekehrt.

Hiernach ist erklärlich, dass Wasser bei 4° C. seine grösste Dichte, sein so genanntes Dichtenmaximum, hat und diese Dichte nimmt man als Einheit an.

Hat eine Flüssigkeit in verschiedenen Schichten verschiedene Temperaturen, so haben diese Schichten auch verschiedene Dichten und es ist einleuchtend, dass die wärmeren, d. h. weniger dichten Schichten auf den kälteren, d. h. dichteren Schichten schwimmen müssen etwa wie eine Oelschichte auf Wasser.

§ 8. **Strömungen in Flüssigkeiten und Gasen infolge wechselnder Wärmeverhältnisse der einzelnen Schichten.** Versuch: Ein kleines Stück Fliesspapier wird in einer Reibschale mit einigen Tropfen Wasser zerrieben und die zerfaserte Masse in ein Probierglas gebracht, das man bis zu einer gewissen Höhe mit Wasser füllt. Wenn man den untersten Teil des schräg gehaltenen Probierglases an den Rand einer Flamme bringt, so werden die feinen Papierfasern durch ihre Bewegung anzeigen, dass an der oberen Seite des Gläschens der Strom des warmen Wassers aufsteigt, an der Unterseite das kalte Wasser niedersinkt. Die zunächst erwärmten Flüssigkeitsschichten werden spezifisch leichter als die höheren Schichten, steigen daher in die Höhe und an ihre Stelle treten die oben gelagerten Flüssigkeitsteilchen, welche nun auch erwärmt werden. Auf diese Art geschieht es, dass die Flüssigkeit sich nach und nach allseitig erwärmt; man nennt diesen Vorgang Wärmeströmung.

In stehenden Wässern kühlt sich die ganze Wassermasse bis 4° C. ab; das Wasser an der Oberfläche wird kälter und spezifisch schwerer und sinkt unter; ist seine

Abkühlung bis unter 4° C. fortgeschritten, so bleibt es an der Oberfläche, weil es jetzt spezifisch leichter ist als die unteren Schichten. Bei weiterer Abkühlung kann sich oben eine Eisdecke bilden welche, weil sie der äusseren Kälte den Einlass in das Wasser nur schwer gewährt, die unten liegenden Wasserschichten vom Gefrieren schützt; deshalb findet in tiefen Gewässern kein Gefrieren bis zum Grunde statt und Fische und andere Wassertiere finden auch bei strenger Winterkälte eine zur Erhaltung ihres Lebens erforderliche Wärme vor.

Meeresströmungen, Wasserheizung.

Betreffs der durch Wärme erzeugten Strömung in Gasen gilt dasselbe. In zwei Räumen, die mit warmer und kalter Luft gefüllt sind und in Verbindung gebracht werden, entwickelt sich eine Luftströmung derart, dass die wärmere Luft oben in den kalten Raum und umgekehrt die kalte Luft unten in den wärmeren Raum strömt.

Ein brennendes Kerzenlicht in einer Türspalte biegt sich, oben angebracht, gegen den kälteren Raum, unten gegen den wärmeren. Schornsteine, Meissnersche Luftheizung.

Die Winde verdanken ihr Entstehen den Temperaturunterschieden in der Atmosphäre. Wir betrachten nur die Passatwinde. Die am Aequator befindliche Luft erfährt eine bedeutendere Erwärmung als die Luft in den Nachbargegenden von grösserer Breite, dehnt sich aus und fliesst oben gegen die Pole ab. Die Folge dieses Umstandes ist ein Sinken des Luftdruckes in der heissen Zone, in welcher die drückende Luftsäule eine Vermin-

derung erleidet, und ein Steigen desselben in höheren Breiten, da dort die Luftsäule eine Vermehrung erfährt. Die Beobachtungen lehren, dass ungefähr vom 30. Breitengrade kältere Luft an der Erdoberfläche gegen den Aequator strömt, wo sie wieder erwärmt und gegen die Pole abgeführt wird. Da die Erde kugelförmig ist und ihr Umfang mit wachsender geographischer Breite abnimmt, so findet die vom Aequator in der Höhe abfliessende Luft bald keinen Raum mehr, um gleichmässig gegen die Pole zu fliessen. Die Beobachtungen haben in der Tat gelehrt, dass ein grosser Teil der vom Aequator ausgehenden oberen Strömung in der Nähe des 30. Breitengrades herabsinkt und in den unteren Teil des Kreislaufes aufgenommen wird. Während zwischen dem Aequator und dem 30. Breitengrade eine regelmässige Luftzirkulation stattfindet, lassen sich jenseits dieses Breitengrades zwei in entgegengesetzter Richtung übereinander ziehende Luftströmungen nicht mehr erkennen; es zeigt sich in diesen Gegenden vorzugsweise der vom Aequator gegen die Pole fliessende Aequatorialstrom. Die vom 30. Grade bis zu den Polen wehenden unteren Winde sind auf der gleichförmig fast ganz mit Wasser bedeckten südlichen Halbkugel ziemlich gleichmässig, auf der nördlichen Halbkugel werden die herrschenden Winde durch den Gegensatz von Festland und Meeren bedingt. Die zwischen dem Aequator und 30. Grade nördlicher und südlicher Breite wehenden unteren Winde werden Passate genannt.

§ 9. **Erwärmung der Körper. Wärmeeinheit.** Versuche: 1. Mischt man 1 *kg* Wasser von 100° C. mit 1

kg Wasser von 60° C., so erhält die Mischung eine Temperatur von 80° C. 2. Mischt man 2 *kg* Wasser von 40° C. mit 1 *kg* Wasser von 70° C., so wird die Mischung eine Temperatur von 50° C. erhalten.

Diese Versuche erklärt man durch die Annahme einer Wärmeeinheit oder Kalorie. Man versteht darunter jene Wärmemenge, welche der Gewichtseinheit (1 Kilogramm) Wasser zugeführt werden muss, damit sich dessen Temperatur von 0° C. auf 1° C. erhöhe. Es ist erwiesen worden, dass innerhalb gewisser Grenzen zur Erwärmung von 1 *kg* Wasser um 1° C. überhaupt dieselbe Wärmemenge erforderlich ist, wie zur Erwärmung derselben Menge von 0° C. bis 1° C. Erwärmt man demnach 1 *kg* Wasser bis 50° C. so sind hierzu 50 Kalorien oder Wärmeeinheiten erforderlich; ebenso ist klar, dass zur Erwärmung von 2, 3, 4, 5 . . Kilogramm Wasser von 0° C. bis 1° C. 2, 3, 4, 5 . . . Kalorien erforderlich sind. Hieraus kann man schliessen: Im Versuche 1) enthält das vor der Mischung wärmere Wasser um 40 Kalorien mehr als das kältere; wenn es 20 Kalorien an das letztere während der Mischung abgibt, so besitzen beide Wassermassen dieselbe Anzahl Kalorien und dieselbe Temperatur von 80° C. Im Versuche 2) enthält vor der Mischung das eine Kilogramm Wasser (von 70° C.) 30 Kalorien mehr als jedes der beiden Kilogramme Wasser, dem die Temperatur von 40° C. zukommt; ⅓ dieser überschüssigen Wärmemenge (d. i. 10 Kalorien) wird dazu verwendet, um die Wärmemenge von jedem Kilogramm des anfänglich kälteren Wassers zu erhöhen, wodurch das ursprünglich wärmere Wasser 20 Kalorien

verliert und sich die Ausgleichstemperatur von 50° herstellt.

§ 10. **Schmelzen. Auflösen.** Versuch: Erwärmt man in einer Porzellanschale Eis, Talg, Wachs u. dgl. oder in einem eisernen Löffel Zinn, Blei, so gehen diese Körper in den flüssigen Zustand über. Den Uebergang eines festen Körpers in den flüssigen Zustand durch Erwärmung nennt man Schmelzen; die Temperatur, bei welcher das Schmelzen eintritt und welche für jeden Körper unveränderlich ist, heisst man Schmelzpunkt.

Die Schmelzpunkte einiger Körper sind: von Wachs +68° C., von Schwefel +109° C., von Blei +330° C., von Zinn +230° C., von Kupfer +1100° C .,von Schmiedeeisen +1600° C., u. s. w. Eis schmilzt bei 0° C., Platin hat den höchsten Schmelzpunkt; die Kohle gilt bis jetzt als unschmelzbar; die meisten organischen Substanzen gehen durch Temperaturerhöhung nicht in den flüssigen Zustand über, sondern zersetzen sich.

Metalle schmelzen leichter aus ihren Erzen, wenn diese mit Zusätzen (Flusspat, Quartz, Kalk u. s. w.) gemengt sind.

Versuch: Erwärmt man ein Gefäss mit Schnee über einer Flamme, so zeigt ein in den Schnee gesenktes Thermometer trotz der Wärmezufuhr die Temperatur 0° C. an, so lange der Schnee noch nicht vollständig geschmolzen ist. Nach vollendeter Schmelzung beginnt erst das Quecksilber im Thermometer zu steigen. Die dem Schnee zugeführte Wärme ist notwendig, um die Teilchen des ersteren so zu lockern, dass er aus dem festen in den flüssigen Zustand übergeht: die Wärme

wird also zur Auseinanderzerrung der Teilchen des Körpers verbraucht und kann daher die Temperatur des schmelzenden Körpers nicht erhöhen. Man bezeichnet diese Wärme gebundene oder latente. Jene Wärmemenge, welche 1 *kg* eines Körpers zum Schmelzen braucht, heisst seine Schmelzwärme.

Versuch: Bringt man 1 *kg* Wasser von ungefähr 79° C. mit 1 *kg* Schnee zusammen, so erhält man 2 *kg* Wasser von 0° C.

Dieser Versuch lehrt, dass zur Ueberführung von 1 *kg* Schnee von 0° C. in 1 *kg* Wasser von 0° C. die 79 Kalorien des Wassers nötig waren; wir schliessen daher, die Schmelzwärme des Eises oder Schnees ist 79 Kalorien.

Versuch: Mischt man zwei Gewichtsteile Wasser von 10° C. mit einem Gewichtsteile feingepulverten Salmiak, so wird bei rascher Lösung desselben die Temperatur bis ungefähr — 10° C. sinken.

Es braucht also ein fester Körper, der sich in einer Flüssigkeit löst, zur Auflösung Wärme. Die beim Lösen von 1 *kg* des Körpers verbrauchte Wärmemenge heisst Auflösungswärme.

Kältemischungen. (Mischen von Schnee mit Kochsalz.)

§ 11. **Erstarren.** Versuch: Lässt man geschmolzenen Schwefel, welcher z. B. die Temperatur von 150° besitzt, erkalten, so wird er bei einer Temperatur von 109° fest, er erstarrt. Die Temperatur des Erstarrens (der Erstarrungspunkt) fällt mit der Schmelztemperatur (dem Schmelzpunkte) zusammen.

Versuch: Hat man in einem verschlossenen Rohre Wasser, aus welchem vorher durch Kochen die Luft ausgetrieben wurde, so lässt sich dieses Wasser, sobald es vor jeder Erschütterung bewahrt ist, bis auf — 10° C. erkalten, ohne dass es erstarrt. Bei der kleinsten Erschütterung des Gefässes gefriert das darin befindliche Wasser und ein in dem Gefässe befindliches Thermometer zeigt jetzt 0° C. an.

Diese Temperaturerhöhung von — 10° C. auf 0° C. deutet an, dass beim Erstarren, d. i. beim Uebergange eines Körpers aus dem flüssigen in den festen Aggregatzustand, Wärme erzeugt wird; man heisst diese Wärme freie Wärme und jene Wärmemenge, welche beim Erstarren von 1 *g* einer Substanz frei wird, die Erstarrungswärme der Substanz. Man fand, dass die Erstarrungswärme und die Schmelzwärme desselben Körpers einander gleich sind. Durch die während der Erstarrung abgegebene Wärmemenge wird keine Temperaturserniedrigung des Körpers, wohl aber eine Temperaturerhöhung seiner Umgebung bewirkt.

Versuche: Erwärmt man in einem grossen Probierglăschen 20*g* oder noch mehr Stearin bis zum Schmelzen, so bemerkt man die noch ungeschmolzene Teile des Stearins am Boden liegen; es ist also festes Stearin schwerer oder dichter als flüssiges, was darauf hindeutet, dass Stearin sich beim Schmelzen ausdehnt. Eis, auf Wasser gebracht, schwimmt auf demselben, es ist also Eis spezifisch leichter als Wasser; Wasser dehnt sich daher beim Erstarren aus.

Die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren, welche

$\frac{1}{11}$ des Wasservolumens beträgt, erfolgt mit grosser Gewalt, so dass Gefässe, in denen Wasser gefriert, zerbersten. Verwitterung der Felsen infolge Gefrierens der in die Felsritzen eingedrungenen Wassermassen.

§ 12. **Übergang des flüssigen Aggregatzustandes in den gasförmigen (Verdunsten, Verdampfen).**

Versuch: Bringt man in Schälchen genau abgewogene Quantitäten von Wasser, Alkohol, Aether, u. dgl. und wägt diese Stoffe nach einer Zeit wieder, so findet man jetzt geringere Gewichte. Ein Teil der flüssigen Körper hat sich in den gasförmigen Zustand verwandelt; man heisst diesen Vorgang Verdunsten und die entstandenen gasförmigen Körper Dünste.

Auch feste Körper, wie Kampfer, Jod, auch Eis, gehen in den gasförmigen Zustand über, sie verdunsten an ihrer Oberfläche (so trocknet z. B. gefrorene Wäsche). Flüssigkeiten welche bei gewöhnlicher Temperatur sehr rasch verdunsten, wie Aether, Schwefelkohlenstoff u. dgl. heissen flüchtige Körper.

Versuche: 1. Wasser in einem Probiergläschen und ebensoviel in einer flachen Schale stehen gelassen, verdunsten ungleich schnell; letzteres schneller. Die Verdunstung wird durch Vergrösserung der Oberfläche befördert. 2. Gleich viel Wasser, in gleich grosse und gleich gestaltete Schälchen gegossen, verdunstet ungleich schnell, je nach der Temperatur der Umgebung. Das Wasser in der wärmeren Umgebung verdunstet rascher. Die Verdunstung wird durch Erwärmung beschleunigt. 3. Unter dem Rezipienten einer Luftpumpe verdunsten Flüssigkeiten schneller als unter gewöhn-

lichen Verhältnissen; die Verdunstung wird somit beschleunigt durch Verminderung des auf die Flüssigkeitsoberfläche ausgeübten Druckes. 4. Stellt man das eine Schälchen in sehr bewegte Luft (leitet man z. B. einen Luftstrom über dasselbe), das andere in ruhigere Luft, so verdunstet ersteres Wasser schneller als letzteres. Durch die bewegte Luft werden nämlich die Dünste rasch fortgeschafft. Es wird also die Verdunstung durch rasches Wegschaffen der Dünste befördert.

Versuch: Bringt man unter jede von zwei Glasglocken eine gleich grosse Menge Wassers; wägt man z. B. nach drei Tagen die eine Wassermenge, nach 5 Tagen die andere ab, so findet man, wenn sich unterdessen die Temperatur nicht wesentlich geändert hat, trotz des Zeitunterschiedes keinen Unterschied der Wassergewichte. Wir schliessen daraus, dass in einem geschlossenen Raume die Verdunstung nicht unbegrenzt fortschreitet, sondern aufhört, wenn sich eine bestimmte Dunstmenge gebildet hat; man sagt dann, der Raum ist mit Dünsten gesättigt. Wird die Temperatur des Raumes erhöht, so kann letzterer noch mehr Dunst aufnehmen. Es hängt die Sättigung eines Raumes mit Dunst von der Temperatur wesentlich ab.

Aufbewahren von Flüssigkeiten in gut verschlossenen Flaschen.

Versuch: Umhüllt man die Kugel eines Thermometers mit Leinwand oder Musselin und befeuchtet diese Hülle mit Wasser oder Schwefeläther, so wird, wenn man zur Beförderung der Verdunstung das Thermometer hin- und herschwenkt, das Quecksilber des Ther-

mometers rasch sinken, bei Anwendung von Schwefeläther sogar unter Null.

Damit also ein flüssiger Körper in den gasförmigen Zustand übergehe, muss er seiner Umgebung die zum Trennen seiner Teile nötige Wärme entziehen, es wird Wärme latent; jene Wärmemenge, welche nötig ist, damit 1 *kg* einer Flüssigkeit sich in Dunst verwandle, heisst Verdunstungswärme. Die durch Verdunstung einer Flüssigkeit erzeugte Kälte heisst Verdunstungskälte.

Frösteln beim Verlassen des Bades. Aufspritzen der Strassen zur Sommerszeit. Abkühlen von Speisen durch Blasen über den Löffel. Umgeben von Gefässen, in welchem eine Flüssigkeit kühl erhalten werden soll, mit nassen Tüchern. Die in Spanien, gebrauchten Alkarazzas, welche poröse Tongefässe sind, halten die in ihnen befindlichen Flüssigkeiten kühl. Die zur Erzeugung von Eis dienlichen Eismaschinen stützen sich auf das Prinzip der Verdunstungskälte.

§ 13. **Sieden.** Versuch: Bringen wir unter einen Ballon, in dem sich Wasser befindet, in welches ein Thermometer eingetaucht ist, eine Wärmequelle, so beschlägt sich das Gefäss von aussen: dieser Beschlag verschwindet bei fortgesetzter Erwärmung, es zeigen sich an der Innenseite des Ballons Luftbläschen welche durch die Erwärmung ausgedehnt werden und an die Oberfläche des Wassers steigen. Etwas später bilden sich kleine Dampfblasen, welche, bevor sie zur Oberfläche gelangen, immer kleiner werden und verschwinden; dabei hört man ein eigentümliches Ge-

räusch, das man Singen des Wassers nennt. Schliesslich erfolgt die Bildung von grossen Dampfblasen durch die ganze Flüssigkeit, dieselben steigen an die Oberfläche und entweichen; die Flüssigkeit ist in einer wallenden Bewegung, sie siedet; das Thermometer zeigt 100° C., solange überhaupt noch Flüssigkeit da ist, welche siedet.

Anfangs steigt das Quecksilber im Thermometer; sobald aber das Kochen begonnen hat, zeigt die Flüssigkeit unveränderliche Temperatur, bis sie vollständig verdampft ist. Die Temperatur, bei welcher das Kochen oder Sieden einer Flüssigkeit eintritt, heisst ihr Siedepunkt; die während des Siedens zugeführte Wärme ist gebundene Wärme, sie wird lediglich zur Lockerung des Zusammenhanges der Flüssigkeitsteilchen, also zur Dampfbildung, verwendet; jene Wärmemenge, welche nötig ist, um 1 *kg* einer Flüssigkeit in Dampf von gleicher Temperatur zu verwandeln, heisst Verdampfungswärme.

Die Siedepunkte einiger Flüssigkeiten unter dem Luftdrucke von 76 *cm* sind für: Schwefeläther +34·9° C., Schwefelkohlenstoff 46·8° C., Alkohol 78·4° C., Wasser 100° C., Schwefelsäure 288° C., Quecksilber 350° C.

Um 1 *kg* Wasser von 100° C. in 1 *kg* Dampf von 100° C. zu verwandeln, sind 537 Kalorien notwendig, also so viel Wärme, als man braucht, um 537 *kg* Wasser um 1° C. zu erwärmen.

Verdunstung geschieht bei jeder Temperatur unter dem Siedepunkte, das Verdampfen bei einer ganz be-

stimmten Temperatur, welche von der Natur der Flüssigkeit und, wie wir gleich hören werden, auch von dem Drucke, der auf der Flüssigkeit lastet, abhängig ist; das Verdampfen geht in allen Teilen, also auch im Innern der Flüssigkeit vor sich, das Verdunsten beschränkt sich nur auf die Oberfläche derselben.

§ 14. **Kondensation von Dämpfen und Dünsten.** Versuch: Hält man über ein Kochfläschchen, in welchem Wasser zum Sieden gebracht wurde, eine trockene, kalte Glasplatte, so setzen sich an letzterer zahlreiche Wassertröpfchen an; der austretende erwärmte Dampf wird durch die niedrigere Temperatur der Glasplatte flüssig gemacht oder kondensiert. Die austretenden Dämpfe erscheinen als ein weisser Nebel, herrührend von den durch Abkühlung entstandenen, in der Luft schwebenden Wasserbläschen. Es wird also durch Abkühlung der Dampf kondensiert.

Fig. 7.

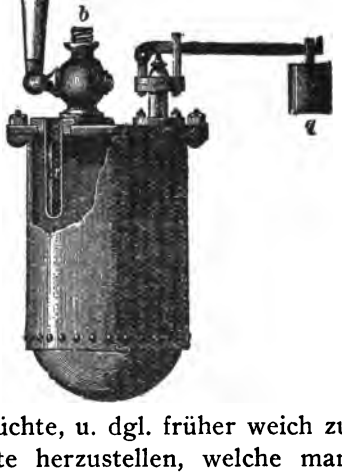
§ 15. **Abhängigkeit des Siedepunktes vom äusseren Drucke.** Versuch: Ein langhalsiger Glaskolben (Fig. 7) wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt und dasselbe so lange erwärmt, bis es in heftiges Sieden kommt; wird der Kolben durch einen Korkpfropf verschlossen und umgekehrt, so kommt das Wasser nach einiger Zeit wieder ins Sieden, wenn die entstandenen Wasserdämpfe durch Aufgiessen von kaltem Wasser oder durch Be-

rühren des Kolbens mit Schnee in den flüssigen Aggregatzustand übergeführt werden, wodurch der Druck plötzlich bedeutend vermindert wird.

Es ändert sich also der Siedepunkt einer Flüssigkeit mit dem auf ihr lastenden Drucke derart, dass einer Erniedrigung des äusseren Druckes ein früheres Eintreten des Siedens, also eine Erniedrigung des Siedepunktes, entspricht. Umgekehrt tritt durch Erhöhung des auf der Flüssigkeit lastenden Druckes eine Erhöhung des Siedepunktes ein.

Da mit der Erhebung von der Meeresoberfläche der Luftdruck abnimmt, so kommt Wasser auf hohen Bergen viel früher zum Sieden als in der Talebene (am Mont-blanc mit 4775 *m* Höhe ist die Siedetemperatur 84° C.; am St. Gotthard mit 2075 *m* Höhe ungefähr 93° C.). Um den Siedepunkt des Wassers zu erhöhen, was dazu dienen kann, um Körper, wie Fleisch, Hülsenfrüchte, u. dgl. früher weich zu kochen oder um Extrakte herzustellen, welche man nicht mit Wasser von 100° erzielen kann, bedient man sich des Papinianschen Topfes oder Digestors (Fig. 8).

Fig. 8.



Derselbe ist ein metallener Kessel, welcher durch einen aufgeschraubten Deckel luftdicht verschliessbar ist. Die in dem Deckel eingelötete Röhre *a* dient zur Aufnahme eines Thermometers. Bei Erhitzung von Wasser in diesem Topfe wird durch die entstehenden Dämpfe der Druck auf die Flüssigkeit derart vergrössert, dass die Temperatur derselben über 100° gesteigert werden kann, was unter gewöhnlichem Luftdrucke unmöglich ist. Damit der Dampf nicht eine Expansivkraft erlange, die so bedeutend ist, dass durch ihn die Wandungen des Gefässes verrissen werden könnten, ist ein Sicherheitsventil angebracht, welches durch ein Gewicht *q* niedergehalten wird. Die Röhre *b* dient dazu, um den Dampf ausströmen zu lassen.

§ 16. **Weitere Erscheinungen bei der Kondensation.** Fig 9.

Versuch: Bringt man (Fig. 9) in einer Retorte oder einem Kochkolben *a* Wasser zum Sieden und leitet die entstandenen Dämpfe durch eine Röhre *b* in ein genau abgewogenes Quantum kalten Wassers *c*, so

lehrt die Gewichtszunahme des Wassers, dass Dampf kondensiert wurde; das Steigen des Quecksilbers in einem Thermometer, welcher in das Wasser taucht, beweist, dass bei der Kondensation der Wasserdämpfe Wärme frei wurde. Jene Wärmemenge, welche bei der Verwandlung von 1 *kg* Dampf in 1 *kg* Flüssigkeit von derselben Temperatur erzeugt wird, heisst man Kondensationswärme; sie ist—wie man fand—der Verdampfungswärme gleich, also ebenso gross, um 1 *kg* derselben Flüssigkeit in 1 *kg* Dampf von derselben Temperatur zu verwandeln.

Die Verdampfungswärme des Wassers bei 100° C. ist 537 Wärmeeinheiten, ebenso gross ist also die Kondensationswärme; d. h. wenn 1 *kg* Dampf von 100° C. in 1 *kg* Wasser von 100° C. übergeht, so werden 537 Wärmeeinheiten frei, also so viele, als zur Erwärmung von 537 *kg* Wasser um 1° C. nötig sind.

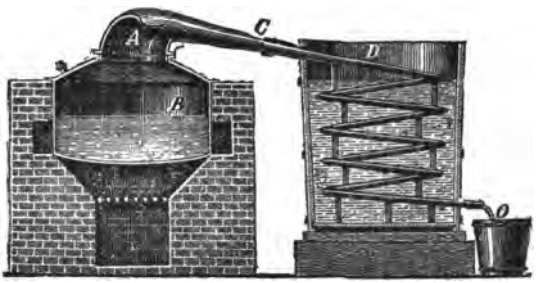
Von der Kondensationswärme des Wasserdampfes macht man Anwendung bei der Dampfheizung, zum Erhitzen der Trockenwalzen in Papierfabriken u. s. f.

Destillationsapparat.

Verwandelt man eine Flüssigkeit durch Kochen in Dampf, welchen man in einer kalten Vorlage kondensiert, so nennt man diesen Vorgang Destillation. Um Wasser im grossen zu destillieren, wird gewöhnlich folgender Apparat (Fig. 10) in Anwendung gebracht: In der Destillierblase, einem kupfernen auf der Innenseite verzinnten Kessel *B*, wird Wasser verdampft; die Dämpfe streichen durch *A* (den Destillierhelm) und durch ein zinnernes Schlangenrohr, welches in dem mit kaltem

Wasser fortwährend versehenen Kühlapparate *D* sich befindet, werden hierbei kondensiert und treten als Flüssigkeit heraus.

Fig. 10.

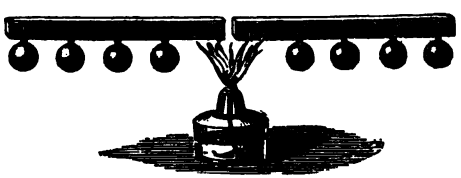


Durch Abkühlung kondensiert sich der Wasserdampf der Luft an Gegenständen der Erde und bildet den Tau. Wird der Körper, an welchem die Taubildung vor sich geht, unter 0° C. abgekühlt, so setzen sich Eisnadeln an (Reif). Kommen Wasserdämpfe in kältere Luft, so tritt eine Kondensation derselben ein, es bildet sich eine Menge kleiner Wasserbläschen; es entstehen Nebel und Wolken; der erstere liegt in den tiefen Regionen auf, während die letzteren in den höheren Regionen schweben. Die Höhe der Wolken schätzt Humboldt in den Aequatorialgegenden auf 3000 Meter; bei uns gehen sie an regnerischen Tagen bis 600 *m* abwärts. Durch fortwährende Kondensation der Wasserdämpfe erlangen die Dunstkügelchen eine bedeutende Grösse und Schwere, durch Zusammenfliessen bilden sich Wassertröpfchen, welche als Regen herabfallen. In höheren

Regionen sind diese Tröpfchen noch klein, durch fortgesetzte Kondensation der Dämpfe an ihrer Oberfläche werden sie jedoch während des Fallens grösser. Durch Anpflanzen von Wäldern wird der Regen befördert; Orte, die das Los der Entwaldung getroffen hat, haben selten Regen und sind daher unfruchtbar. Erfolgt die Kondensation der Wasserdämpfe bei einer niedrigeren Temperatur als 0^0, so bilden sich feine nadelförmige Eiskristalle, welche sich zu zierlichen, sechsstrahligen Sternen gruppieren (Schnee). Graupeln sind Zusammenballungen von Schnee; sie entstehen im Frühjahre und Herbste bei grossen Temperaturveränderungen, die meistens bei Eintritt des Nordostwindes zu stande kommen. Der Hagel besteht aus Schneeteilchen, die von konzentrischen Eisschalen umgeben sind; er erscheint meistens im Sommer und am häufigsten bei Tage, sehr selten in der Nacht.

§ 17. **Wärmeleitung.** Versuch: Befestigt man nebeneinander zwei Stäbe z. B. einen Kupfer- und einen Eisenstab (Fig. 11), klebt an dieselben in gleichen Abständen mit Wachs einige Holzkugeln und erwärmt man die Stäbe an jener Stelle, an welcher sie zusammenstossen, so sieht man von der Erwärmungsstelle aus auf beiden Stäben eine Kugel nach der anderen abfallen, indem das Wachs, welches sie an

Fig. 11.



den Stäben festhielt, über ihnen schmilzt. Man findet, dass von dem Kupferstabe in derselben Zeit mehr Kugeln herabfallen als von dem Eisenstabe. Man erklärt diese Erscheinung in der Weise, dass von der Erwärmungsstelle in beiden Stäben die Wärme von Teilchen zu Teilchen sich fortpflanzt. Diese Eigenschaft der Körper heisst man ihr Wärmeleitungsvermögen. Dass von dem Kupferstabe in derselben Zeit mehr Kugeln fallen als von dem Eisenstabe, beweist, dass in derselben Zeit die Wärme im Kupfer schneller und weiter durch Wärmeleitung vordringt als im Eisen. Man nennt jene Körper, in welchem Wärme sich schnell durch Leitung fortpflanzt, gute Wärmeleiter, jene, bei welchen dies langsam geschieht, schlechte Wärmeleiter.

Zu den festen guten Wärmeleitern sind zu rechnen: die Metalle, und zwar nach folgender Ordnung: Silber, Kupfer, Gold, Messing, Zinn, Eisen, Blei, Platin, Wismut; schlechte Wärmeleiter sind: Glas, Kohle, Holz, Stroh, Pelz, überhaupt alle organischen Substanzen und alle fein verteilten lockeren Körper.

Versuch: Ein Glasstab und ein Metallstab brauchen zur Durchwärmung verschiedene Zeit; der Metallstab gibt nach der Erwärmung jedoch seine Wärme bald ab, der Glasstab behält sie längere Zeit. Gute Wärmeleiter nehmen die Wärme schnell auf und geben sie auch schnell wieder ab; bei schlechten Wärmeleitern findet die Aufnahme und Abgabe der Wärme nur langsam statt.

Hieraus erklärt sich auch die Erscheinung, dass eine kalte Eisenkugel sich kälter anfühlt als eine Holzkugel

von gleicher Temperatur. Eisen nimmt die Handwärme als besserer Leiter leichter auf und erzeugt das Gefühl der Kühle.

Ein eiserner Ofen wird schnell warm, kühlt sich aber sehr bald wieder ab. Entgegengesetzt verhält sich ein Kachelofen.

Warum versieht man metallene Gefässe mit Holzgriffen? Von den festen schlechten Wärmeleitern macht man Gebrauch in unserer Bekleidung. Die Schneedecke verhütet als schlechter Wärmeleiter das Gefrieren der Saaten.

Fig. 12.

Versuch: Erwärmt man Wasser (Fig. 12) in einer Eprouvette von oben, so beginnen die oberen Schichten nach kurzer Zeit zu sieden, während die Temperatur in den unteren Schichten nur langsam und um weniges steigt, so dass ein Eisstückchen, welches auf den Boden z. B. durch einen Stein gepresst wird, nicht schmilzt. Wird der obere Teil einer in einem Rezipienten befindlichen Quecksilbermasse erwärmt, so verbreitet sich die

Wärme schnell nach unten. Flüssigkeiten sind mit Ausnahme des Quecksilbers schlechte Wärmeleiter. Die Erwärmung von grössern Flüssigkeitsmassen erfolgt durch den früher betrachteten Vorgang der Wärmeströmung. Auch Gase und Dämpfe leiten die Wärme sehr schlecht.

Anwendung der Doppelfenster und Doppeltüren.

Versuch: Hält man ein Drahtnetz über die Flamme eines Gasbrenners, so wird die Flamme gleichsam abgeschnitten. Ueber dem Drahtnetze findet also keine Verbrennung statt, obwohl das Gas durchdringt, wie wir uns überzeugen können, wenn wir das ausströmende Gas entzünden. Entzündet man das Gas oberhalb des Drahtnetzes, so schlägt die Flamme jetzt nicht unter das Netz hindurch. (Fig. 13.)

Damit ein Körper sich entzünde, muss er auf eine gewisse Temperatur, die man Entzündungstemperatur nennt, vorher gebracht worden sein. Da das Metallgewebe ein guter Wärmeleiter ist, so entzieht es dem durchströmenden Gase so viel Wärme, dass letzteres unter die Entzündungstemperatur abgekühlt wird und die auf der einen Seite begonnene Verbrennung sich nicht auf die andere Seite fortsetzen kann.

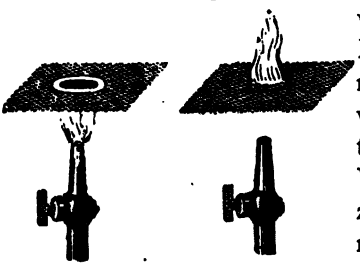


Fig. 13

In der Davyschen Sicherheitslampe, welche in Kohlenbergwerken der "Schlagenden Wetter" wegen unent-

behrlich ist, wird durch eine eine gewöhnliche Oellampe umgebende Drahthülle die Entzündung der ausserhalb befindlichen Gase verhindert.

§ 18. **Wärmestrahlung.** Versuch: Man fühlt in der Nähe eines heissen Ofens eine bedeutende Erwärmung, welche sofort verschwindet, wenn man zwischen die Wärmequelle und den Körper einen Schirm, z. B. aus Pappe oder Metall, bringt (Anwendung von Ofenschirmen). Die zwischen dem Körper und der Wärmequelle liegenden Luftschichten werden verhältnismässig unmerklich erwärmt.

Die Wärmefortpflanzung von einem Körper zum anderen in der Art, dass der zwischenliegende Raum nicht erwärmt wird, wird Wärmestrahlung genannt; die sich fortpflanzende Wärme heisst strahlende Wärme.

So verbreitet sich die Sonnenwärme durch Strahlung auf unsere Erde; die Wärme eines Ofens teilt sich hauptsächlich durch Strahlung einem Raume mit. Die Sonnenstrahlen erwärmen den Weltraum nicht; wir müssen uns denselben sehr kalt vorstellen. Die Luft erhält ihre Erwärmung von der durch die Sonne erwärmten Erde; die Temperatur der Luft nimmt mit der Höhe ab.

Wir werden später sehen, dass die Wärmestrahlen im allgemeinen denselben Gesetzen folgen wie die Lichtstrahlen. Hier wollen wir nur folgendes erwähnen: Rauhe und dunkle Körper werden durch Wärmestrahlung stärker und schneller erwärmt als glatte und helle Körper, strahlen aber auch die Wärme schneller wieder aus.

Ein Thermometer, dessen Kugel mit Russ geschwärzt ist, erwärmt sich in der Sonne schneller als ein gewöhnliches. Schnee unter einer dunkeln Fläche schmilzt schneller als der unbedeckte Schnee. Glasierte Oefen halten länger die Wärme als nicht glasierte. Die Nacht ist bei wolkenlosem Himmel kälter als bei bewölktem, weil im ersteren Falle die von der erwärmten Erde ausgehenden Wärmestrahlen ungehindert in den Weltenraum übergehen können, im letzten Falle hingegen von den Wolken zurückgeworfen werden. Reicher Wassergehalt der Atmosphäre, Windstille, ein unbewölkter Himmel begünstigen die Taubildung; sie erfolgt an rauhen Körpern um vieles rascher als an glatten.

Die Wärmestrahlen erregen die grösste Erwärmung, wenn sie eine Fläche rechtwinklig treffen. Eine senkrecht auf die Strahlen stehende Fläche empfängt nämlich mehr Wärmestrahlen als eine ebenso grosse gegen die Strahlen geneigte.

Da im Sommer die Mittagshöhe der Sonne sowohl als auch die Tageslänge grösser ist als im Winter, so ist der Sommer wärmer als der Winter. Auch im Laufe eines Tages ändert sich die Temperatur nach dem Stande der Sonne.

§ 19. **Quellen der Wärme.** *a*) **Sonnenwärme.** Die Sonne, welche wir uns als einen weissglühenden flüssigen Körper, der von einer Dampfhülle umgeben ist, vorstellen müssen, strahlt unserer Erde jährlich eine so grosse Wärmemenge zu, dass durch letztere eine die Erdoberfläche gleichmässig bedeckende Eisschichte von 30 *m* Dicke geschmolzen werden könnte.

b) **Erdwärme.** Die mannigfaltigen Erscheinungen der heissen Mineralquellen (Thermen), der Vulkane rechtfertigen die Annahme, dass die Erde eine Eigenwärme besitzt. Dringt man ungefähr 24 *m* tief unter die Erde, so findet man daselbst stets eine unveränderliche Temperatur; in den Kellern der Pariser Sternwarte beträgt die Temperaturschwankung in dieser Tiefe nicht ganz $\frac{1}{10}$° C. Das Thermometer zeigt daselbst stets die Temperatur von 11·7° C. Von dieser Schichte tiefer in die Erde dringend, findet man ungefähr für je 27 *m* eine Temperaturzunahme von 1° C. Daraus folgert man, dass nahezu in einer Tiefe von 75 *km* unter der Erdoberfläche eine Hitze herrschen muss, durch welches alles Gestein geschmolzen wird.

Die Erdwärme findet dadurch ihre Erklärung, dass die Erde einstens feurig flüssig war und durch Abkühlung ihrer Oberfläche erstarrte, der Kern sich aber noch in geschmolzenem Zustande befindet. Die Wärmeleitungsfähigkeit der Erdrinde ist äusserst gering, weshalb die Erdoberfläche sehr wenig durch die innere Erdwärme erwärmt wird.

c) **Chemische Wärmequellen.** Die Wärmeentwicklung bei der chemischen Verbindung von Stoffen mit Sauerstoff, die Entstehung von Wärme beim Löschen des Kalkes, beim Mischen von Schwefelsäure und Wasser deutet darauf hin, dass jede chemische Verbindung von einer Wärmeentwicklung begleitet ist.

Ebenso wird—wie Versuche zeigten—bei jeder chemischen Zersetzung Wärme erzeugt.

Durch Sauerstoffaufnahme wird der im Blute der

warmblütigen Tiere enthaltene Kohlenstoff verbrannt und dabei eine Wärme entwickelt, deren Grösse unabhängig von der äusseren Temperatur ist. Die Blutwärme beim Menschen und bei den Säugetieren beträgt 37°—40° C., die Vögel besitzen eine noch grössere Blutwärme von etwa 41° C. Zur Erhaltung der Blutwärme dient die Aufnahme von besonders kohlenstoffhaltigen Nahrungsmitteln, so Fetten u. dgl.

d) **Andere Wärmequellen.**

Wärmeerzeugung durch Reibung. Werden zwei Körper aneinander gerieben, so erwärmen sich dieselben und können, wenn die nötigen Schmiermittel fehlen, bis zur Entzündungstemperatur erhitzt werden.

Auch durch Stoss oder Schlag und Druck wird Wärme erzeugt, so z. B. kann eine Bleikugel durch Hämmern sehr stark erhitzt werden; beim Feuerschlagen werden die vom Feuerstein losgerissenen Stahlteilchen glühend, u. s. w. Münzen kommen warm aus dem Prägstocke.

Wärmeerzeugung durch Kompression. In einem starken unten geschlossenen Glaszylinder ist ein Kolben luftdicht beweglich; am inneren Ende desselben ist ein Häkchen zur Aufnahme von Feuerschwamm befestigt. Stösst man den Kolben rasch gegen den Boden des Glaszylinders, so wird durch die Kompression der Luft eine so grosse Wärme erzeugt, dass der Feuerschwamm sich entzündet; dieser Apparat heisst pneumatisches Feuerzeug.

Eine abgeschossene Flinten- oder Kanonenkugel erwärmt sich auf ihrem Wege; die Luft wird durch die

Kugel komprimiert und ausserdem reibt sie sich an der Luft; beide Gründe haben Wärmeentwicklung zur Folge. Erhitzen von Sternschnuppen und Meteoren, sobald sie in unsere Atmosphäre gelangen. Warum entzündet sich fest übereinander geschichtetes feuchtes Heu zuweilen von selbst?

Es wird also durch Reibung, durch Stoss, Druck, Zusammenpressung, überhaupt durch Bewegung Wärme erzeugt.

Einem bestimmten Aufwande von bewegender Kraft (z. B. einem Hammerhiebe, der Reibung, der Kompression) entspricht immer die Erzeugung einer ganz bestimmten Wärmemenge. Wie durch eine mechanische Kraft Wärme erzeugt werden kann, ebenso kann umgekehrt durch Wärme mechanische Kraft hervorgerufen werden, wie wir tagtäglich an den Dampfmaschinen wahrnehmen können.

III. VORBEREITUNG FÜR DIE CHEMIE.

§ 1. **Kohäsion.** Um ein Stück Gusseisen, ein Stück Stahl, eine Glasstange, ein Holzstück zu zerbrechen, müssen ganz verschieden starke Kräfte in Anwendung gebracht werden. Man stellt sich vor, dass die kleinsten einen Körper zusammensetzenden Massenteilchen eine mehr oder minder grosse Kraft des Zusammenhanges besitzen, welche man die Kohäsionskraft oder schlechtweg Kohäsion der Körper nennt.

Die Kohäsion der Flüssigkeiten ist geringer als jene der festen Körper; nach der Natur der Flüssigkeiten ist die Kohäsion derselben verschieden; Wassertropfen lassen sich leicht, Quecksilbertropfen schwerer in einzelne Partikelchen zerteilen, weshalb man sagt, Wasser besitzt eine geringere Kohäsion als Quecksilber.

Durch Erwärmen der Körper wird im allgemeinen die Kohäsion verringert.

§ 2. **Verschiedenheit der Kohäsion starrer Körper.** Die festen Körper äussern einen von ihrer Natur abhängigen sehr verschiedenen Widerstand der mechanischen Teilung oder Gestaltveränderung; sie werden in harte und weiche, dehnbare und spröde, elastische und unelastische Körper eingeteilt. Bei weichen Körpern (z. B. Wachs, Blei, Ton u. a.) kann durch eine kleine äussere Kraft eine dauernde Formveränderung erzielt werden; harte Körper erleiden eine Formveränderung durch grössere äussere Kräfte.

Die Härte eines Körpers ist der dem Eindringen in die Oberfläche desselben entgegengesetzte Widerstand; von zwei Körpern wird derjenige der härtere genannt, welcher den andern ritzt.

Versuche: 1. Wird ein Kautschukstreifen wenig ausgezogen, so verändert er seine Gestalt, zerreisst aber nicht; nach Beseitigung des Zuges nimmt er seine frühere Gestalt wieder an. Ein Gummiballon, der zusammengedrückt wird, kehrt nach dem Aufhören des Druckes in seine frühere Lage zurück und nimmt seine frühere Gestalt an. 2. Wird der Zug stärker, so kann der im vorigen Versuche verwendete Kautschukstreifen eine bleibende Gestaltsveränderung erleiden; wird der Zug endlich sehr stark, so zerreisst er. 3. Biegt man zwei gleiche, gerade Streifen von Stahl und Holz stark, so nimmt nach dem Aufhören der Kraft der Stahlstreifen vollkommen seine geradlinige Gestalt an, der Holzstreifen bleibt dauernd etwas gekrümmt.

Erklärung: Wird ein Körper durch äussere Kräfte zusammengedrückt, so rücken die kleinsten Teilchen desselben einander näher und es tritt zwischen ihnen eine Abstossung ein, welche bewirkt, dass der Körper sein ursprüngliches Volumen und seine ursprüngliche Gestalt anzunehmen sucht. Werden umgekehrt die kleinsten Teilchen durch äussere Kräfte auseinandergebracht, so werden anziehende Kräfte zwischen ihnen rege, welche sie in ihre Gleichgewichtslagen zurückzuführen streben. Die Eigenschaft eines Körpers, sein ursprüngliches Volumen und seine ursprüngliche Gestalt wieder anzunehmen, heisst dessen Elastizität.

Körper, welche diese Eigenschaft besitzen, heissen elastische, diejenigen, denen sie mangelt, unelastische Körper. Wächst die äussere zusammendrückende oder ausdehnende Kraft, so kann es (Versuch 2) geschehen, dass eine bleibende Aenderung in der Form der Körper eintritt. Die äusserste Kraft, welche noch angewendet werden kann, ohne dem Körper eine bleibende Formveränderung zu geben, heisst seine Elastizitätsgrösse. Wird dieselbe überschritten, so erhält der Körper eine bleibende Gestaltsveränderung und kann bei immer grösser werdender Kraft endlich zerdrückt oder zerrissen werden. Verschiedene Körper haben einen verschiedenen Grad der Elastizität.

Versuche: Biegt man eine Stricknadel, so bricht sie; eine Stange des käuflichen Schwefels zerspringt in viele Stücke, wenn man sie zu biegen versucht; bricht man von einer Glasträne die Spitze ab, so zerstiebt sie in sehr viele Teilchen nach allen Richtungen, weshalb Vorsicht bei diesem Versuche anzuwenden ist; lässt man in ein Bologneserfläschchen (Fläschchen aus rasch abgekühltem Glase) einen Kieselstein hineinfallen, welcher das Glas ritzt, so zerspringt es in mehrere Stücke. Körper dieser Art, die also bei der geringsten Verschiebung ihrer Teilchen auseinanderfallen, heissen spröde.

Die Elastizität der Körper wird verwendet als bewegende Kraft (z. B. bei den Taschenuhren), um heftige Stösse unschädlich zu machen (Federn, auf welchen die Wagenkasten ruhen, die Puffer an den Eisenbahnwagen), zur Herstellung von festen Verschlüssen (Kautschuk und Korkpfröpfe), zur Messung von Kräften

(Kraftmesser, Federwage). Von der Elastizität macht man auch bei Gewichtsbestimmungen Anwendung und gebraucht hierzu die Federwagen. Es wird eine unten aufgestützte starke Schraubenfeder, welche oben eine Schale trägt, mit einem Zeiger versehen, welcher vor einer Teilung sich bewegen kann. Legt man auf die Schale 1 *g*, so wird der Zeiger um eine gewisse Strecke abwärts sich bewegen; bei der Belastung von 2, 3 . . . . *n g* wird—wenn diese Belastung unterhalb der Elastizitätsgrösse bleibt—der Zeiger um eine 2, 3 . . . *n*-mal so grosse Strecke abwärts gerückt werden. Die Bestimmung der Gradeinteilung bei diesen Wagen (z. B. Briefwagen) erfolgt auf empirischem Wege.

§ 3. **Festigkeit.** Der äusserste Widerstand, den ein Körper der totalen Trennung seiner Teile entgegensetzt, heisst dessen Festigkeit. Durch Vergrösserung der Kräfte, welche an einem Körper wirken, kann ein Zerreissen, Zerdrücken, Zerbrechen oder Zerdrehen des Körpers eintreten. Ein Körper wird umso schwerer zerrissen werden, je grösser der Querschnitt desselben ist; dann hängt auch die Festigkeit eines Körpers gegen das Zerreissen, Zerdrücken, Zerbrechen und Zerdrehen von der materiellen Beschaffenheit desselben ab. Ausgehöhlte Stäbe lassen sich viel schwerer zerbrechen als massive Stäbe von demselben Gewichte und Materiale. Bei Gegenständen, die lange unversehrt dem Gebrauche gewidmet sein sollen (Bauwerke, Pfeiler u. dgl.), darf man nur einen Bruchteil der Festigkeit in Anspruch nehmen.

§ 4. **Adhäsion.** Sehr gut polierte Metallplatten, Marmorplatten, Glasplatten hangen, wenn sie aufeinandergelegt werden, zusammen, und zwar umsomehr, je grösser die sich berührenden Flächen und je ebener sie sind.

Diese Eigenschaft heisst Adhäsion.

Die Adhäsion herrscht nicht nur bei der Berührung gleichartiger, sondern auch bei jener von ungleichartigen Körpern (zwei verschiedene gut polierte Metallplatten haften fest aneinander).

Feste Körper untereinander, flüssige Körper untereinander, feste und flüssige Körper und auch Gase bezüglich fester und flüssiger Körper besitzen Adhäsion. Die Adhäsion verschiedener Flüssigkeiten an einem und demselben festen Körper ist sehr verschieden je nach der Natur der Flüssigkeit. Lässt man z. B. Wasser über eine geneigte, ebene, reine Glasplatte laufen, so trennen sich die Wasserteilchen und eine Reihe von Wassertröpfchen bleibt an der Glasplatte haften; reines Quecksilber jedoch läuft über eine geneigte Glasplatte als zusammenhangende Masse herab. Man sagt deshalb, Wasser besitzt in Bezug auf eine reine Glasplatte eine grosse Adhäsion und eine kleine Kohäsion, Quecksilber eine kleine Adhäsion und eine grosse Kohäsion (benetzende und nicht benetzende Flüssigkeiten).

Auf der Adhäsion beruht das Kitten, Leimen, Löten, das Schreiben mit Tinte, Kreide, Bleistift.

§ 5. **Auflösung.** Ist die Adhäsion zwischen einer Flüssigkeit und einem festen Körper so gross, dass die Kohäsion der festen Körperteilchen überwunden wird,

so entsteht ein Vorgang, den man Auflösung nennt; die den festen Körper aufnehmende Flüssigkeit heisst Lösungsmittel; die nach der Auflösung vorhandene Flüssigkeit heisst Lösung.

Zucker, in Wasser gebracht, löst sich auf; Salz im Wasser löst sich ebenfalls; Weingeist löst Harze auf; Petroleum und Benzin die Fette.

Nicht alle Körper werden in Berührung mit flüssigen Körpern gelöst; jene, die es werden, heissen in der betreffenden Flüssigkeit löslich; für jeden überhaupt löslichen Körper gibt es eine oder eine Reihe von ganz bestimmten Flüssigkeiten, in denen er aufgelöst wird.

Schwefel ist im Wasser unlöslich, jedoch im Schwefelkohlenstoff löslich. Jod löst sich im Wasser nicht, im Alkohol und Schwefelkohlenstoff ist es löslich. Die Jod-Alkohollösung hat eine braune, die Jod-Schwefelkohlenstofflösung eine violette Farbe.

Versuch: Bringt man in ein Probiergläschen, welches ungefähr bis zu einem Drittel seines Volumens Wasser enthält, so viel Salpeter, dass die Röhre zur Hälfte gefüllt ist, so wird auch nach längerer Zeit nicht sämtlicher Salpeter in Wasser gelöst sein, sondern ein grosser Teil desselben sich am Boden des Röhrchens absetzen. Enthält also die Lösung eine bestimmte Menge des zu lösenden Körpers bereits gelöst, so ist sie unfähig, noch mehr aufzulösen, sie heisst gesättigt, oder sie befindet sich im Zustande der Sättigung.

Versuch: Erwärmt man die gesättigte Salpeterlösung, so löst sich mit zunehmender Erwärmung immer mehr Salpeter auf. Es hängt somit der Eintritt der

Sättigung von dem Temperaturzustande des Lösungsmittels ab.

§ 6. **Absorption.** Versuch: Löscht man eine glühende Kohle unter Quecksilber ab und lässt sie in einem Glaszylinder in die Höhe steigen, in welchem sich durch Quecksilber abgesperrte Kohlensäure befindet, so bemerkt man nach kurzer Zeit, dass das Quecksilber beinahe den ganzen Zylinder ausfüllt. Die Kohlensäure wurde vermöge der zwischen ihr und der Kohle stattfindenden Adhäsion von der letzteren verschluckt (absorbiert). Diese Erscheinung wird mit dem Namen Absorption bezeichnet.

Lässt man ein Gefäss mit Quellwasser einige Zeit an der Luft stehen, so scheidet sich auf der Innenseite des Glases die Luft in Gestalt von Blasen aus, welche vorher unsichtbar im Wasser enthalten war. Also auch Flüssigkeiten können Gase infolge der wechselseitigen Adhäsion verschlucken oder absorbieren.

Bereitung von kohlensäurehaltigen Wässern.

§ 7. **Mischung.** Eine Folge der zwischen den kleinsten Teilchen verschiedener Flüssigkeiten wirkenden Kräfte ist die Mischung dieser Flüssigkeiten (z. B. Wasser und Wein, Wasser und Essig). Die Mischung kann in beliebigen Gewichtsverhältnissen der zu mischenden Körper vor sich gehen. Das Gewicht der Mischung ist immer gleich der Summe der Gewichte der einzelnen Bestandteile; das Volumen der Mischung ist nicht immer gleich der Summe der Volumina der einzelnen Bestandteile; denn sehr oft tritt eine Zusammenziehung (Kontraktion) der Flüssigkeiten ein, welche von dem

Eindringen der einen Flüssigkeit in die Zwischenräume zwischen den kleinsten Teilchen der anderen herrührt.

§ 8. **Kristallisation.** Der Uebergang der einzelnen Aggregatzustände ineinander kann ein mannigfaltiger sein; es können die kleinsten Teilchen der Körper den zwischen ihnen wirkenden Kohäsionskräften ungestört folgen und dabei regelmässige, von ebenen Flächen begrenzte Gestalten annehmen; diesen Vorgang nennt man Kristallisation, die gebildeten regelmässigen Körper Kristalle.

Kristalle können sich durch Verdampfen oder Abkühlung einer den Körper enthaltenden Lösung bilden; sie können auch durch Erstarren eines geschmolzenen Körpers entstehen oder auch, wenn dampfförmige Körper erstarren; letztere Kristallbildung heisst Sublimation.

Verdampfen einer Kochsalzlösung. Bildung von Schwefelkristallen durch Erstarren geschmolzenen Schwefels. Bildung von Jodkristallen durch Sublimation.

Die Kristalle werden bei den vorigen Versuchen umso grösser und ausgebildeter, je langsamer und ruhiger der Kristallisationsprozess eingeleitet wird; geht dieser Prozess nicht langsam genug vor sich, so bilden sich eine Menge kleiner Kristalle, die sich in der Ausbildung stören, es bildet sich ein kristallinischer Körper.

IV. GRUNDLEHREN DER CHEMIE.

§ 1. In allen den bisher betrachteten Erscheinungen machen wir die Beobachtung, dass sowohl die Menge des Stoffes der Körper als auch die Qualität der letzteren ungeändert bleibt. Ein fester Körper z. B. kann durch verschiedene Behandlung verschiedene Aenderungen der Kohäsion erhalten; Glas, geschmolzen und rasch abgekühlt, wird spröde, bei langsamer Abkühlung verliert es zum grossen Teile die spröde Eigenschaft, es kann sogar unter gewissen Umständen zu Fäden ausgesponnen werden, welche sich durch Elastizität auszeichnen und zur Anfertigung von Geweben verwendet werden können. Aenderungen der Temperatur haben keine Aenderung in der Quantität oder Qualität des Stoffes zur Folge, bei Erhöhung der Temperatur werden nur die kleinsten Teilchen der Körper in grössere Entfernungen voneinander gebracht, wodurch das Volumen der Körper wächst. Auch dann, wenn die Temperaturänderungen so bedeutend werden, dass Aenderungen im Aggregatzustande eintreten, wird an der Wesenheit der Körper nichts geändert: die kleinsten Teilchen des Wasserdampfes stellen wir uns identisch mit denen des flüssigen Wassers vor; ebenso ist Eis stofflich gleich dem Wasser. Wird ein Salz (etwa Kochsalz) in Wasser gelöst und die Lösungsflüssigkeit verdunstet, so bilden sich an den Wänden des Gefässes Salzkristalle, welche stofflich gleich dem ursprünglich gelösten Körper sind; in den Kristallen haben sich die kleinsten Teilchen in regulärer Weise angeordnet.

Alle jene Erscheinungen, bei denen keine stoffliche Aenderung der Körper eintritt, welche nur durch eine Lagenveränderung der kleinsten Teilchen bedingt sind, werden physikalische genannt.

§ 2. Werden Eisenfeilspäne und Schwefelblumen (fein zerteilter Schwefel) innig mit einander vermengt, so verschwindet sowohl die Farbe des Schwefels als auch jene des Eisens; man erhält ein graugrünliches Pulver, in welchem sich mittels einer Lupe recht leicht noch die einzelnen Eisen- und Schwefelteile unterscheiden lassen; aus diesem Gemenge lässt sich mittels eines Magnetes das Eisen ausziehen; auch wenn man Schwefelkohlenstoff auf das zusammengesetzte Pulver giesst, wird man, da diese Flüssigkeit Schwefel löst, letzteren vom Eisen trennen können. Es macht auch keine Schwierigkeit, den leichteren Schwefel von dem schweren Eisen durch Schlämmen mit Wasser zu trennen.

Man bezeichnet alle Vereinigungen von Stoffen, wobei deren Bestandteile ihre Eigenschaften beibehalten, mechanische Gemenge oder Mischungen; aus denselben lassen sich durch mechanische Mittel die Bestandteile wieder voneinander scheiden. Hierbei ist zu bemerken, dass die einzelnen, ein Gemenge bildenden Bestandteile in beliebigen quantitativen Verhältnissen vorkommen können.

Manche Körper, welche Gemenge von zwei oder mehreren Stoffen sind, scheinen bei oberflächlicher Betrachtung es nicht zu sein; behandelt man roten Siegellack z. B. mit Alkohol, so wird das Harz gelöst, das

Färbemittel, der Zinnober, bleibt aber in der Flüssigkeit ungelöst.

§ 3. **Chemische Vorgänge.** Synthese. Analyse. Substitution. Versuche: 1. Erhitzt man das Gemenge aus Eisen und Schwefel, wobei man die Gewichtsteile von Eisen und Schwefel in dem Verhältnisse von 7:4 gewählt hat, in einer Eprouvette aus schwer schmelzbarem Glase, so erglüht das Gemenge und nach dem Erkalten erscheint ein gleichförmig schwarzer Körper, in dem man auch mit der stärksten Vergrösserung Schwefel und Eisen nicht mehr erkennen kann.

Dass dieser Körper, der 11 Gewichtsteile besitzt, Eigenschaften hat, welche von jenen des Schwefels und Eisens vollständig verschieden sind, kann man durch mehrere Versuche nachweisen: er wird vom Magnet nicht angezogen, Schwefelkohlenstoff löst ihn nicht auf, er ist nicht wie Schwefel entzündlich, durch Schlämmen des Körpers kann man Schwefel und Eisen nicht mehr trennen.

Den Vorgang, der hier stattgefunden hat, nennt man einen chemischen Vorgang, und zwar eine chemische Synthese, den entstandenen Körper eine chemische Verbindung, welche den Namen Schwefeleisen oder Eisensulfid führt. Es entstand durch die Vereinigung von Schwefel und Eisen ein aus diesem Stoffe zusammengesetzter Körper. Die eben erörterte Entstehungsweise des zusammengesetzten Körpers wird als chemische Addition bezeichnet. Durch die chemischen Vorgänge erleiden also die in Verwendung gekommenen Stoffe substantielle Veränderungen.

2. Werden Quecksilber und Schwefel in dem Gewichtsverhältnisse von 25:4 zusammengebracht und gerieben, so erhält man ein schwarzes Pulver, welches nicht mehr die Eigenschaften der beiden ursprünglichen Stoffe zeigt und welches schwarzer Zinnober genannt wird. Durch Erhitzen desselben in einem Glasrohr unter Luftabschluss erhält man den kristallisierten roten Zinnober. Es fand somit wieder eine chemische Synthese statt: Zinnober ist eine chemische Verbindung von Schwefel und Quecksilber.

3. Erhitzt man in einer Retorte aus schwer schmelzbarem Glase und mit langem Halse rotes Quecksilberoxyd und führt man von der Mündung der Retorte eine mit derselben luftdicht verbundene Gasentwicklungsröhre in eine mit Wasser gefüllte Wanne (pneumatische Wanne) unter die Oeffnung eines mit Wasser erfüllten Rezipienten, so bemerkt man in demselben Gasblasen aufsteigen und in dem kälteren Halse der Retorte Quecksilbertröpfchen. In dem aufgefangenen Gase flammt ein glimmender Span auf und es erweist sich dasselbe als Sauerstoffgas. In diesem Versuche wurde eine chemische Zerlegung oder Analyse des zusammengesetzten Körpers in einfachere Bestandteile vorgenommen.

4. Erhitzt man ein Gemenge von Zinnober (der chemischen Verbindung von Schwefel und Quecksilber) und Eisenfeilen in einem Probierglaschen, so bildet sich das in Versuch 1 beschriebene Schwefeleisen, während Quecksilber in Dampfform entweicht und sich an den kälteren Stellen des Glases in Tröpfchen ansetzt; der chemischen Analyse des Zinnobers ist also in diesem

Versuche unmittelbar die Ersetzung des Quecksilbers in dieser Verbindung durch das Eisen gefolgt; es wurde in diesem Falle eine chemische Verbindung (das Schwefeleisen) nicht durch Addition, sondern durch Substitution gewonnen.

§4. **Gesetz der Erhaltung der Masse und der bestimmten Gewichtsverhältnisse.** Versuche: Wenn wir Eisen und Schwefel nicht in dem Verhältnisse von 7:4, sondern z. B. in dem Verhältnisse von 9:4 mengen und denselben Versuch (1) wie früher ausführen, so bleiben nach dem Durchglühen des Gemenges noch Eisenteilchen übrig, welche von einem Magnete angezogen werden; nehmen wir aber mehr Schwefel, als dem Verhältnisse von 7:4 entspricht, so wird derselbe bei der Glühhitze verflüchtigt und schlägt sich an den oberen kühleren Stellen der Eprouvette nieder. Ebenso finden wir, dass Quecksilber und Schwefel nur dann vollständig in eine chemische Verbindung eingehen, wenn diese Stoffe in dem Gewichtsverhältnisse von 25:4 zusammengebracht werden. In allen derartigen Versuchen finden wir 1. dass das Gewicht der chemischen Verbindung gleich der Summe der Gewichte der einzelnen Bestandteile ist (Gesetz der Erhaltung des Stoffes) und 2. dass im Falle der Vereinigung mehrerer Körper zu einer chemischen Verbindung die Gewichte der Bestandteile in einem bestimmten festen Verhältnisse zu einander stehen (Gesetz der konstanten Gewichtsverhältnisse; Dalton 1804).

§ 5. **Gesetz der bestimmten Raumverhältnisse.** Versuch: Wenn man mittels des in der Figur (Fig. 14) dar-

gestellten Apparates einen elektrischen Strom durch schwach angesäuertes Wasser leitet, so steigen von den Platinplättchen Gasblasen in die Rezipienten, welche ursprünglich ganz mit Wasser gefüllt waren, auf. Man erkennt, dass in dem einen Rezipienten in derselben Zeit doppelt so viel Gas als in dem anderen erzeugt wird. Wenn man in das Gas, das in geringerer Menge angesammelt erscheint, einen glimmenden Holzspan taucht, so entflammt derselbe und brennt lebhafter als in der Luft; das Gas, welches selbst nicht brennbar ist, ist Sauerstoffgas. Wenn man in das andere Gas einen brennenden Span bringt, so verlischt derselbe, das Gas aber verbrennt mit schwach leuchtender Flamme; es heisst Wasserstoffgas. Es wird somit das Wasser durch den elektrischen Strom in die chemischen Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt; immer erhält man in einem solchen Versuche ein doppelt so grosses Volu-

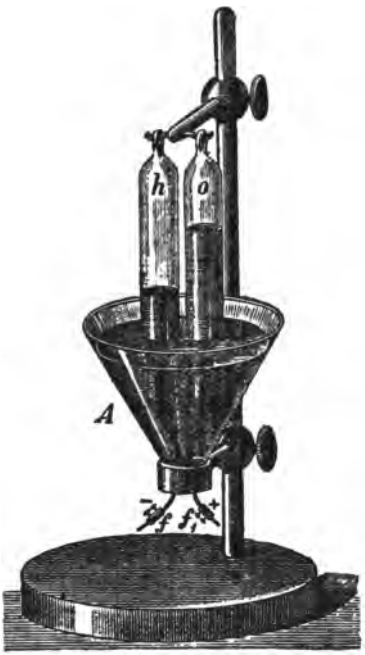


Fig. 14

men von Wasserstoffgas als von Sauerstoffgas.

Aus diesem Versuche und aus ähnlichen auf die Zerlegung anderer Substanzen bezugnehmenden Experimenten ergibt sich, dass die chemischen Bestandteile eines Körpers sich bei dessen Zersetzung, wenn sie gasförmig sind, in bestimmten Volumsverhältnissen ausscheiden.

Da 1 Liter Sauerstoff 1·4336 *g*, 1 Liter Wasserstoff 0·0896 *g* wiegt, somit das Gewicht von 2 Litern des letzteren Gases 0·1792 $g = \frac{1}{8}$. 1·4336 *g* ist, so kann man sagen: Wasserstoff und Sauerstoff sind im Wasser im Gewichtsverhältnisse 1 : 8 vereinigt.

§ 6. **Elemente oder Grundstoffe.** Aus gewissen Körpern haben wir im vorhergehenden andere Körper erhalten, welche Bestandteile der ersteren genannt werden: So lieferte die chemische Analyse von Quecksilberoxyd Quecksilber und Sauerstoff, jene von Zinnober Quecksilber und Schwefel, von Wasser Wasserstoff und Sauerstoff. Es entsteht die Frage, ob die erhaltenen Bestandteile sich noch weiter zerlegen lassen. Zur Beantwortung dieser Frage gelangen wir durch viele und sorgfältige Versuche.

Alle jene Stoffe, die bis jetzt nicht weiter zerlegbar sind, werden chemische Elemente oder Grundstoffe genannt. Es sind deren jetzt gegen 70 bekannt. Eine Zusammenstellung der Elemente gibt die später angegebene Tabelle.

§ 7. **Molekül. Atom.** Der Grund des Gesetzes, dass die Elemente sich nur nach bestimmten Gewichtsverhältnissen miteinander verbinden, ist ein sehr einfacher.

Es sind alle Körper physikalisch teilbar; wir müssen aber annehmen, dass diese Teilbarkeit nicht ins Unendliche geht, sondern dass wir in fortgesetzter mechanischer Teilung auf mechanisch nicht mehr teilbare Körperpartikeln stossen würden, welche man Moleküle nennt und welche mit dem ganzen ungeteilten Körper gleichartig sind. Es können nun diese Moleküle nicht die kleinsten Stoffteilchen sein, da z. B. ein Molekül Schwefeleisen immer mindestens aus einem Teilchen Schwefel und einem Teilchen Eisen bestehen muss. Die kleinsten in einem Moleküle vorhandenen Stoffteilchen werden Atome genannt. Es ist wohl die Annahme gerechtfertigt, dass die Atome eines jeden Elementes gleich gross und schwer sind, die Atome verschiedener Elemente zumeist verschieden gross und schwer sind; dass ferner die chemischen Verbindungen nur zwischen den Atomen der Bestandteile erfolgen. Verbinden sich z. B. zwei Elemente, deren Atome 3 und 4 bestimmte Gewichtseinheiten wiegen, so dass 1 Atom des ersten Elementes mit 2 Atomen des zweiten sich verkettet, so werden diese Elemente stets nach dem Gewichtsverhältnisse $3 \times 1 : 4 \times 2 = 3 : 8$ in die chemische Verbindung eingehen und hierin ist eine Erklärung der bestimmten Gewichtsverhältnisse gegeben.

Die zwischen den Atomen verschiedener Elemente, welche eine chemische Verbindung eingehen, herrschende Kraft wird chemische Affinität oder Verwandtschaft bezeichnet.

Die Atomlehre wurde von Dalton in den Jahren 1804 bis 1808 begründet.

§ 8. **Untersuchung des Kalkspats.** Versuch: In ein unten geschlossenes etwa ⅓ *m* langes Eisenrohr bringen wir 100 Gewichtsteile zerstückelten Kalkspat oder Marmor, verschliessen das Rohr durch einen Kork, durch welchen eine gebogene Glasröhre geht, welche in einen Rezipienten ragt. Erhitzen wir längere Zeit den Marmor dadurch, dass wir die Eisenröhre in einem Windofen zwischen glühende Kohlen bringen, so geschieht mit ersterem eine Veränderung. Nach dem Erkalten zeigt der aus der Röhre herausgenommene Stoff nur 56 Gewichtsteile Gewicht, hat also durch Glühen an Stoff verloren. Wird die zurückgebliebene Substanz, welche man gebrannten Kalk nennt, mit Wasser übergossen, so bläht sie sich auf und zerfällt in feines Pulver, dabei findet eine beträchtliche Wärmeentwicklung statt. Wird diesem neuen Stoffe eine grössere Menge Wasser zugesetzt, die Flüssigkeit filtriert, so zeigt sich dieselbe von laugenhaftem, ätzendem Geschmacke und färbt rotes Lackmuspapier blau; man sagt von dieser Flüssigkeit, die Kalkwasser heisst, und allen jenen Körpern, welche dieselbe Eigenschaft besitzen, dass sie alkalisch oder basisch reagieren und nennt solche Körper Alkalien oder Basen. Bei Zusatz von wenig Wasser zu gebranntem Kalk erscheint der sogenannte gelöschte Kalk als Kalkbrei. Bei Zusatz einer grösseren Menge destillierten Wassers erhält man farbloses Kalkwasser. Der zweite Körper, welcher aus den Marmorstücken durch Glühen derselben entstand, ist ein Gas, welches durch die Glasröhre in den aufrechtstehenden Rezipienten übergetreten ist und Kohlensäure heisst.

Versuche: Bringen wir in den Rezipienten einen brennenden Holzspan, so verlischt derselbe; ein kleines Tier, in dieses Gas gebracht, stirbt nach wenigen Minuten: Kohlensäure unterhält das Brennen und Atmen nicht.

Bringen wir den mit Luft gefüllten Rezipienten auf die eine Schale einer Wage und setzen die Wage ins Gleichgewicht und leiten in das Gefäss Kohlensäure ein, so senkt sich die Schale, welche das Gefäss trägt. Es ist somit Kohlensäure schwerer als atmosphärische Luft.

Die Last dieses Gases ist, wie genaue Messversuche lehren, 1·53mal so gross als jene der Luft.

Deshalb kann Kohlensäure in einem aufrecht stehenden offenen Rezipienten aufgefangen und auch wie eine schwere Flüssigkeit von einem Gefässe in ein anderes übergefüllt werden. (Hundsgrotte bei Neapel, Gifttal auf Java.)

Kohlensäure, in blaue Lackmustinktur geleitet, färbt dieselbe schwach rot; alle Stoffe, welche diese Eigenschaften besitzen, werden sauer reagierend oder Säuren genannt. Kohlensäure ist somit eine schwache Säure.

Verschliesst man einen zur Hälfte mit frischem Wasser, zur Hälfte mit Kohlensäure gefüllten Rezipienten mit der Hand und schüttelt ihn, so wird der Rezipient stark gegen die Handfläche gepresst und füllt sich beim Oeffnen unter Wasser beinahe ganz mit letzterem. Es wird somit Kohlensäure ziemlich stark vom Wasser absorbiert; das kohlensäurehaltige Wasser hat einen säuerlichen, prickelnden Geschmack und reagiert sauer.

Säuerlinge. Sodawässer.

Leitet man einen Kohlensäurestrom in das früher bereitete Kalkwasser, so tritt eine Absorption der Gasblasen ein; die Flüssigkeit trübt sich milchig infolge eines weissen, in Wasser unlöslichen Niederschlages, der bald den Boden des Gefässes bedeckt und sich von der Substanz des Kalkspates in nichts unterscheidet.

Während wir früher aus Kalkspat durch Glühen gebrannten Kalk oder Aetzkalk und Kohlensäure erhielten, haben wir jetzt umgekehrt durch Zusammenbringen dieser beiden Stoffe den ursprünglichen Körper, Kalkspat, erzeugt. Im ersten Falle wurde eine chemische Analyse, im zweiten eine chemische Synthese vorgenommen.

Durch Einwirkung von Säuren und Basen entstehen Salze; da nach dem vorhergehenden Kohlensäure eine Säure, Aetzkalk eine Base ist, so kann man sagen: Kalkstein ist ein kohlensaures Salz und heisst als solches Kalziumkarbonat.

Leitet man durch Kalkwasser längere Zeit Kohlensäure hindurch, so löst sich der Niederschlag wieder auf; beim Kochen wird jedoch die klare Lösung wieder trübe. Es ist also Kalziumkarbonat in reinem Wasser unlöslich, löslich jedoch in kohlensäurehaltigem Wasser, aus welchem es sich nach Entfernung der Kohlensäure durch Verdunsten oder Erhitzen wieder in unlöslicher Form abscheidet. Im Quell- und Brunnenwasser, welches kalkigem Boden entstammt, ist Kalziumkarbonat, welches durch Kohlensäure gelöst ist, enthalten. Wirkung der Quellen auf den Kalkstein der Gebirge.

Bläst man durch eine Glasröhre in Kalkwasser, so tritt auch eine Trübung des letzteren ein zum Beweise, dass unter den Ausatmungsprodukten sich Kohlensäure befindet. Kalkwasser ist, wie man ersieht, ein vorzügliches Erkennungsmittel, ein Reagens auf Kohlensäure. Dies zeigen noch folgende Versuche:

Uebergiesst man Marmorstücke mit einer Säure (etwa Essig) und leitet das sich bildende Gas in klares Kalkwasser, so bildet sich von dem entstehenden Kalziumkarbonat wieder ein trüber Niederschlag. Es entsteht also auch Kohlensäure durch Behandlung von Kalkstein mit Säuren.

Ein brennendes Wachskerzchen wird in einen Glasballon gebracht und derselbe verschlossen; nach kurzer Zeit erlischt die Flamme. Giesst man nun klares Kalkwasser in den Ballon, so trübt sich dasselbe und zeigt die beim Verbrennen des Kerzchens gebildete Kohlensäure an. Kohlensäure bildet sich somit auch beim Verbrennen.

Die atmosphärische Luft enthält immer Quantitäten von Kohlensäure; dieselbe entsteht hier vorzüglich durch den Verbrennungsprozess, durch Gärungsprozesse bei der Bereitung von alkoholischen Getränken, durch die Vorgänge der Verwesung und Fäulnis und durch den Atmungsprozess; durch vulkanische Tätigkeit entsteht an vielen Orten der Erde eine bedeutende Kohlensäureausströmung.

§ 9. **Kohlenoxydgas.** Verbrennen Kohlen bei ungenügendem Luftzutritte, so entwickelt sich Kohlenoxydgas, ein farb-, geschmack- und geruchloses Gas, welches

entzündlich ist und mit einer blauen Flamme verbrennt (blauer Saum einer Flamme) und eingeatmet als heftiges Gift wirkt. (Häufig vorkommende Vergiftung von Personen in einem Raume, wenn, bevor die Kohlen auf dem Herde verbrannt sind, die Klappe des Ofens geschlossen wird.)

§ 10. **Sauerstoff.** Versuch: Man erhitzt rotes Quecksilberoxyd in einer mit Kugelvorlage B und einem Gasableitungsrohre versehenen Retorte A; die Gasableitungsröhre führt in einen mit Wasser erfüllten, in einer pneumatischen Wanne C aufgestellten Rezipienten D. (Fig. 15.)

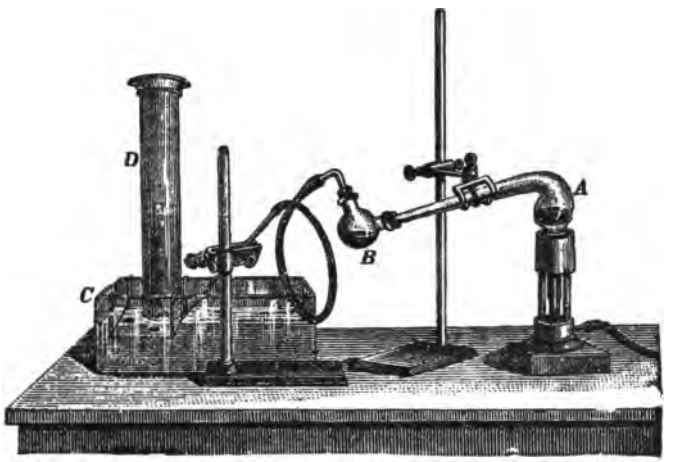


Fig. 15

Man bemerkt nach geraumer Erhitzung, dass im Hals der Retorte und in der Vorlage sich metallisches Quecksilber ansammelt, dass ferner in dem Rezipienten ein

Gas aufsteigt, welches farblos, geruch- und geschmacklos ist und den Namen Sauerstoffgas führt. Das entstandene Sauerstoffgas besitzt eine etwas grössere Dichte als atmosphärische Luft und wird vom Wasser wenig absorbiert.

Versuche: 1. Bringt man einen glühenden Holzspan in Sauerstoffgas, so verbrennt derselbe sehr intensiv. Sauerstoffgas unterhält somit das Verbrennen der Körper in lebhafter Weise.

2. Ein Stück glimmender Holzkohle, in derselben Weise in einen zum Teile mit Sauerstoff, zum Teile mit Wasser gefüllten Rezipienten gebracht, verbrennt ebenfalls unter intensiver Lichterscheinung. Wird der Rezipient geschüttelt, so nimmt das Wasser das gasige Verbrennungsprodukt der Kohle begierig auf und zeigt sich als kohlensäurehaltiges Wasser (Reaktion von Kalkwasser). Kohlensäure ist somit eine Verbindung von Kohle und Sauerstoff. Diamant und Anthrazit verbrennen ebenfalls in Sauerstoffgas und liefern dasselbe Verbrennungsprodukt, woraus wir schliessen, dass diese Körper dem Wesen nach mit Holzkohle identisch sind.

3. Wird eine dünne Uhrfeder (Fig. 16) ausgeglüht, gerade gebogen, an deren unterem Ende ein kleines Stück Feuerschwamm befestigt, während das andere Ende in einen Korkpfropfen eingebohrt wird, der Feuerschwamm entzündet und die Uhrfeder in einen mit Sauerstoff gefüllten Rezipienten gebracht, so verbrennt dieselbe unter starkem Funkensprühen. An den Wänden des Gefässes setzt sich Eisenrost ab, ein rotbrauner, fester Körper, welcher eine Verbindung des Eisens mit

Sauerstoff darstellt, welche Eisenoxyd genannt wird.

Fig. 16.

4. Entzündeter Schwefel verbrennt im Sauerstoffgase mit stark glänzender blauer Flamme unter Entstehung eines stechend riechenden Gases, welches farblos ist, blaue Lackmustinktur intensiv rötet, daher eine starke Säure ist, in Wasser gelöst wird und bleichende Eigenschaften besitzt (Versuch mit einer in dieses Gas getauchten Rose). Dieses saure Gas wird schweflige Säure genannt.

5. Phosphor, ein gelblichweisser, wachsartig durchscheinender Körper, welcher im Dunkeln leuchtet (daher der Name), unter Wasser aufbewahrt werden muss und sehr giftige Eigenschaften zeigt, verbrennt im Sauerstoffgase mit einer stark leuchtenden weissen Flamme und unter Bildung von weissen Nebeln, welche sich niederschlagen, vom Wasser begierig aufgenommen werden und demselben eine stark saure Reaktion verleihen (Phosphorsäure).

Die im Sauerstoffgase verbrannten Körper liefern die sogenannten Oxyde. Es wird die Verbindung des Sauerstoffes mit Körpern, ob nun dieselbe mit oder ohne Licht- und Wärmeentwicklung erfolgt, Oxydation genannt.

Wir ersehen aus den angestellten Versuchen, dass manche Körper (wie Kohle, Schwefel, Phosphor) mit Sauerstoff Verbindungen eingehen, welche Säuern sind,

andere Körper (wie die Metalle Eisen, Magnesium) sich mit Sauerstoff zu Basen verbinden. Die Metalloxyde reagieren meist basisch, die Oxyde der Nichtmetalle sauer.

§ 11. Versuch: Bringt man in eine schwache Phosphorsäurelösung einige Tropfen Lackmustinktur, so wird die Lösung rot gefärbt; setzt man nun einige Tropfen Kalkwasser zur Lösung, so nimmt die Flüssigkeit eine violett-rote Farbe an; untersucht man die Wirkung der nun entstandenen Flüssigkeit auf rotes oder blaues Reagenzpapier, so wird man eine solche nicht wahrnehmen können; die Flüssigkeit ist durch den Zusatz von einigen Tropfen Kalkwassers neutral geworden. Würde man mehr Kalkwasser zur Phosphorsäurelösung gebracht haben, so hätte die entstandene Flüssigkeit alkalisch reagiert; ein geringerer Zusatz von Kalkwasser hätte der ursprünglichen Flüssigkeit ihren sauern Charakter belassen. Dampft man die neutrale Flüssigkeit, von der eben die Rede war, in einer Schale ein, so bleibt ein weisser Bodensatz, welcher aus einer Menge von Kristallen besteht, zurück; dieser Körper wird phosphorsaurer Kalk genannt und gehört in die Gruppe der Salze, welche durch Neutralisation einer Säure durch eine Base entstehen.

Vorkommen des phosphorsauren Kalkes in gewissen Mineralien, in den Knochen, aus welchen heutzutage der Phosphor fabriksmässig gewonnen wird. Der phosphorsaure Kalk bildet als Nahrungsmittel der Pflanzen einen wichtigen Bestandteil der Ackererde. Vorzüglich sind es die Körnerfrüchte, welche die Phosphorverbindungen

sammeln; mit diesen gelangen letztere in den tierischen Körper, in welchem sie zum Aufbau der Knochen verwendet werden. Phosphorsäurehaltige Körper (wie Knochenmehl, Guano) sind daher wichtige Düngemittel.

§ 12. **Chemische Untersuchung der Luft.**

Versuch: Auf Wasser schwimmt ein Korkstück, auf welches ein Stück Phosphor gelegt wird. Entzündet man dasselbe und stülpt über dieses einen mit Luft erfüllten Rezipienten, so dass die in dem letzteren enthaltene Luft durch das Wasser abgesperrt wird, so bildet sich wieder Phosphorsäure und das Wasser erhält dieselben Eigenschaften, wie sie früher beim Verbrennen des Phosphors in Sauerstoffgas beschrieben wurden. Daraus schliessen wir, dass ein Bestandteil der atmosphärischen Luft Sauerstoff ist. Das Wasser steigt gleichzeitig in dem Rezipienten und nimmt $\frac{1}{5}$ des ursprünglich von Luft erfüllten Raumes ein; $\frac{4}{5}$ des Raumes sind mit einem Gase erfüllt, welches den Namen Stickstoff oder Nitrogen führt.

Tauchen wir in dieses farb-, geschmack- und geruchlose Gas einen angezündeten Span, so verlischt derselbe; ein Tier, in dieses Gas gebracht, kommt um. Es hat also dieses Gas Eigenschaften, welche wir bereits an der Kohlensäure kennen gelernt haben; von letzterer unterscheidet es sich dadurch, dass reines Kalkwasser von diesem Gase nicht betrübt wird und dass es einen blauen Lackmuspapierstreifen nicht rötet, also nicht sauer reagiert.

Ein zweiter Bestandteil der atmosphärischen Luft ist somit Stickstoffgas. Die atmosphärische Luft ist ein

Gemenge von fast 1 Raumteil Sauerstoff und 4 Raumteilen Stickstoff.

Man hat gefunden, dass in 100 Gewichtsteilchen reiner atmosphärischer Luft 23 Gewichtsteile Sauerstoff und 77 Gewichtsteile Stickstoff enthalten sind, dass ferner 100 Volumteile reiner Luft 21 Volumteile Sauerstoff und 79 Volumteile Stickstoff besitzen.

Ausser Wasserdampf und Staub enthält, wie bereits früher erwähnt wurde, die Luft meist Kohlensäure. Der Gehalt an letzterem Gase wechselt; so enthalten 100 *hl* Luft 3 bis 6 Liter Kohlensäure. Der Sauerstoff ist für das Atmen der Tiere und Menschen von grosser Wichtigkeit; der in der Luft vor sich gehende Verbrennungsprozess ist diesem Gase zu danken. Der dem Sauerstoff in der Luft beigesellte Stickstoff mildert zum Teil die starken oxydierenden Eigenschaften des Sauerstoffes, er bewirkt, dass sowohl das Atmen als auch das Verbrennen in gemässigter Weise erfolgt.

Die von Tieren und Menschen ausgeatmete Kohlensäure wird durch die Wurzeln und Blätter der Pflanzen aufgenommen und es tritt durch letztere wieder eine Ausscheidung von Sauerstoff ein, so dass sich derselbe in beständigem Kreislaufe zwischen Tier- und Pflanzenwelt befindet.

§ 13. **Wasser.** Das Wasser ist ein durchsichtiger, farb-, geruch- und geschmackloser Körper; es kann alle drei Aggregatzustände annehmen. Bei gewöhnlicher Temperatur ist es flüssig, bei der Temperatur von 0^0 fest (Eis und Schnee), beim Normalbarometerstande von 760 *mm* siedet es bei 100^0 C. und ist über dieser Temperatur

gasförmig (Dampf); es verdunstet übrigens bei allen Temperaturen.

Das Wasser kommt von allen Flüssigkeiten am häufigsten vor (¾ der Erdoberfläche sind vom Wasser bedeckt); es ist ein Hauptbestandteil der Pflanzen- und Tierstoffe; es löst Körper auf und ist von diesen nicht frei; am reinsten ist das Regenwasser: ein Teil desselben erscheint wieder in den Bächen und Flüssen, ein anderer Teil dringt in den Boden und fliesst unterirdisch fort (Grundwasser) und tritt zuweilen als Quelle an den Tag. Das Wasser nimmt sehr gerne Kohlensäure auf und erlangt dadurch ein grösseres Lösungsvermögen für die dem Grundwasser begegnenden Salze und Gase. Gelangt das Grundwasser in bedeutende Tiefen, kommt es also mit dem heissen Erdinnern in Verbindung, so bilden sich die sogenannten Thermen. Hartes, weiches Wasser. Mineralwässer.

Kristallwasser. Versuch: Bringen wir (Fig. 17) in eine tubulierte Retorte L, welche mit einer Vorlage V versehen ist, Kupfervitriol-Kristalle und erhitzen die Retorte, so entweichen Wasserdämpfe, welche zum grössten Teile in der Retorte sich verdichten; das blaue Kupfervitriol hat seine Farbe verloren, ebenso seine Kristallgestalt und zerfällt in ein weisses Pulver. Es besitzen die meisten kristallisierten Substanzen Wasser, welches zum Bestehen ihrer Kristallgestalt wichtig ist und Kristallwasser genannt wird; wird den Körpern dieses Wasser entzogen, so zerfallen sie in Pulver.

Bei manchen Körpern, z. B. Sodakristallen oder Kristallen von Glaubersalz, ist das Kristallwasser so

locker gebunden, dass es beim Liegen dieser Körper in trockener Luft entweicht; von diesen Kristallen sagt man, dass sie verwittern.

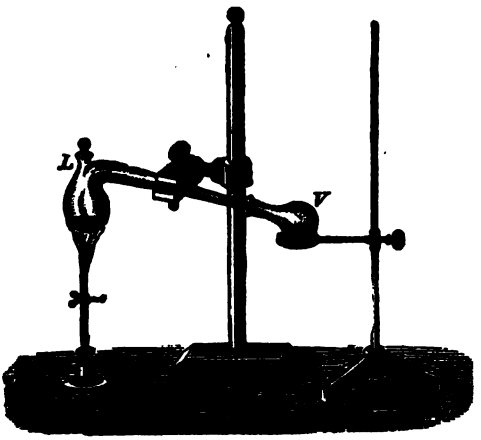


Fig. 17.

Chemisch gebundenes Wasser. Versuch: Gebrannter Kalk, mit Wasser übergossen, zerfällt in ein weisses Pulver, welches gelöschter Kalk genannt wird und welches ein grösseres Gewicht als der gebrannte Kalk besitzt. Das aufgenommene Wasser können wir nicht wie in dem vorigen Versuche durch Erhitzen austreiben. Füllen wir aber eine Glasröhre teilweise mit diesem Pulver, leiten Kohlensäure über das letztere und leiten das austretende Gas durch eine gekühlte Vorlage, so sammeln sich in derselben Wassertropfen an. Die Kohlen-

säure hat sich in diesem Falle mit dem gebrannten Kalk (Kalziumoxyd) zu kohlensaurem Kalk verbunden und das beim Löschen des gebrannten Kalkes chemisch aufgenommene Wasser wurde frei. Solche Substanzen, welche Wasser chemisch gebunden enthalten, werden Hydrate genannt.

§ 14. **Chemische Zerlegung des Wassers.** (Fig. 18.)

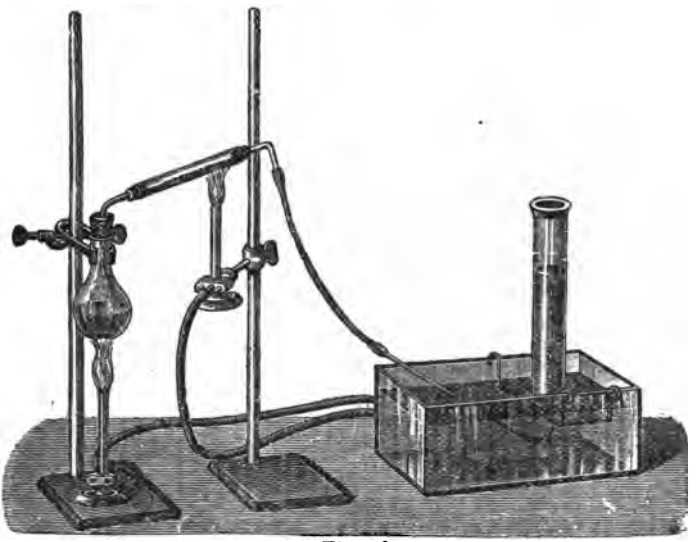


Fig. 18.

Versuch: Erhitzt man in einer Verbrennungsröhre von 12—13 *cm* Länge Eisenfeile zum Glühen und leitet über dieselben Wasserdampf, so entströmt der mit der Verbrennungsröhre in Verbindung stehenden Gasentwicklungsröhre ein Gas, welches in einem Rezipienten, der

auf der Brücke einer pneumatischen Wanne steht, aufgefangen werden kann. Man findet, dass das Eisen an Gewicht zugenommen hat, und zieht daraus den Schluss, dass ein Bestandteil des Wassers sich mit dem Eisen chemisch verbunden hat. Das freiwerdende Gas erweist sich nicht als Sauerstoff; es ist daher nach dem früheren (Zersetzung des Wassers durch den galvanischen Strom) Wasserstoff.

Versuche mit Wasserstoffgas. 1. Leitet man Wasserstoffgas, welches farb-, geruch- und geschmacklos ist und nur wenig vom Wasser absorbiert wird, in Seifenwasser, so steigen die mit Wasserstoffgas gefüllten Seifenblasen in die Höhe, wodurch bewiesen ist, dass Wasserstoff leichter als atmosphärische Luft ist. Man hat durch genaue Versuche gefunden, dass es 14·4mal leichter als atmosphärische Luft ist.

2. Hebt man den mit Wasserstoffgas gefüllten Rezipienten, wenn er ganz von Gas erfüllt ist, mit der Mündung nach unten aus dem Wasser der pneumatischen Wanne heraus und führt ein an einem umgebogenen Drahte befestigtes brennendes Wachskerzchen ein, so entzündet sich das Gas an der Mündung und brennt mit unscheinbarer Flamme, die Kerze aber erlischt oberhalb der brennenden Gasschichte. Wasserstoff brennt, unterhält aber das Brennen nicht. Ebenso überzeugt man sich, dass dieses Gas das Atmen nicht unterhält.

§ 15. Versuch: Bringt man Kupferoxyd (Fig. 19) in eine Röhre aus schwer schmelzbarem Glase, leitet Wasserstoffgas, welches in einer Waschflasche *w* getrocknet wurde, darüber, entzündet das austretende Gas nach ge-

raumer Zeit. und erhitzt das Rohr an jener Stelle, an welcher das Kupferoxyd liegt, so beobachtet man, dass

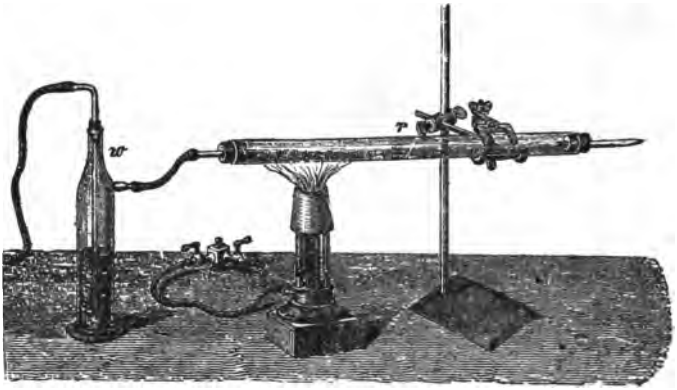


Fig. 19.

beim Erglühen des Kupferoxyds die Wasserstoffgasflamme kleiner wird, schliesslich ganz verlischt und Wasserdämpfe aus der Röhre austreten. Das Kupferoxyd hat seine Farbe verloren; der in der Röhre befindliche Körper ist rot, besitzt Metallglanz und erweist sich als metallisches Kupfer. Man findet, dass der nun in der Röhre befindliche Körper ein geringeres Gewicht als das Kupferoxyd besitzt. Es hat sich somit der Wasserstoff mit dem Sauerstoff des Kupferoxydes verbunden und Wasser geliefert; letzteres ist also eine chemische Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff. Man sagt, es sei bei dem besprochenen Vorgange das Kupferoxyd durch den Wasserstoff zu Kupfer reduziert worden.

§ 16. **Synthese des Wassers.** Versuch: 1. Man mische zwei Volumina Wasserstoff mit einem Volumen Sauerstoff, fülle mit diesem Gemenge eine Blase (Fig. 20), die eine Ausströmungsröhre besitzt. Das Ende der Röhre tauche man in Seifenwasser; durch Druck auf die Blase erhält man Seifenblasen, welche mit dem Gasgemenge erfüllt sind. Berührt man dieselben im Aufsteigen mit einem brennenden Lichte, so erfolgt eine chemische Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff zu Wasserdampf von sehr hoher Spannkraft und wir vernehmen eine heftige Explosion. Das erwähnte Gemenge wird Knallgas genannt.

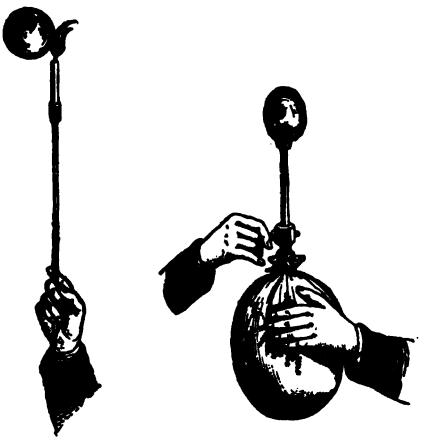


Fig. 20.

Dasselbe verbrennt unter sehr intensiver Wärmeentwicklung; in der sehr heissen (2500°) Knallgasflamme schmelzen auch schwer schmelzbare Metalle, wie Platin. Nicht schmelzbare Körper, z. B. Kalk, kommen in starkes Glühen und strahlen ein lebhaftes Licht aus (Drummondsches Kalklicht).

Versuch: 2. Lässt man (Fig. 21) Wasserstoffgas, das

man durch eine mit Chlorkalzium gefüllte Röhre streichen liess, um es zu trocknen, aus einer Röhre mit feiner Oeffnung austreten, zündet es an und hält über die Flamme einen getrockneten Rezipienten, so beschlägt sich derselbe bald mit Tau, welcher sich in Tropfen sammelt, die Wasser sind und in einer unter die Glocke gehaltenen Schale aufgefangen werden können. Es bildet sich also bei der Verbrennung des Wasserstoffgases, d. h. bei der chemischen Verbindung desselben mit dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft ein neuer Körper, das Wasser.

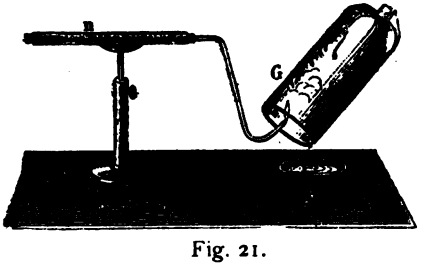


Fig. 21.

Durch genaue Versuche messender Art hat sich ergeben, dass bei gleicher Temperatur und gleichem Drucke 2 Volumina Wasserstoff mit 1 Volumen Sauerstoff sich zu 2 Volumina Wasserdampf verbinden. 2 Liter Wasserstoff wiegen 0·18 Gramm, 1 Liter Sauerstoff 1·43 Gramm; es verhalten sich die im Wasser befindlichen Gewichtsmengen von Sauerstoff und Wasserstoff daher wie 143 : 18=16 : 2 in Uebereinstimmung mit dem Obigen (§ 5).

§ 17. **Schwefel.** Der Schwefel, welcher in der Natur chemisch rein oder mit anderen Körpern chemisch verbunden vorkommt, erscheint im Handel meist in Stangen (Stangenschwefel), welche leicht zerbrechlich

sind und in der warmen Hand knistern; er ist lichtgelb (schwefelgelb), entweder kristallinisch oder kristallisch, wird durch Reiben elektrisch und bildet, bis 111° C. erhitzt, eine gelbe dünne Flüssigkeit. Bei stärkerer Erhitzung (bis 160° oder 170°) wird der Schwefel braun und zähflüssig; bei noch höherer Temperatur wird der Schwefel wieder dünnflüssig; wird er in diesem Zustande in kaltes Wasser gegossen, so bildet er eine braune Substanz, welche stundenlang weich und plastisch bleibt und erst später wieder hart und gelb wird; diese plastische Masse benützt man zur Herstellung von Formen. Während gewöhnlicher Schwefel in Schwefelkohlenstoff löslich ist, ist plastischer Schwefel in dieser Flüssigkeit unlöslich (amorpher Schwefel). Das Sieden des Schwefels erfolgt bei 440°; gelangen die Schwefeldämpfe, welche rotbraun gefärbt sind, in einen verhältnismässig warmen Raum, so wird der Schwefel wieder tropfbarflüssig (Destillation des Schwefels); leitet man hingegen den Schwefel in eine kalte Vorlage, so bilden sich an den Wänden derselben die sogenannten Schwefelblumen, welche Schwefel in sehr fein zerteiltem Zustande darstellen; dieser Prozess wird mit dem Namen Sublimation bezeichnet.

Die Verbindungen des Schwefels mit Metallen (z. B. mit Eisen, Quecksilber u. s. w.) werden Sulfide genannt.

§ 18. **Atomgewicht.** Es wurde früher erwähnt, dass 2 Liter Wasserstoffgas mit 1 Liter Sauerstoffgas sich chemisch zu 2 Liter Wasserdampf verbinden. Nach theoretischen Forschungen enthalten gleiche Volumina verschiedener Gase, welche dieselbe Temperatur und

denselben Druck besitzen eine gleich grosse Anzahl Moleküle (Gesetz von Avogadro und Ampère). 2 Liter Wasserstoff enthalten daher doppelt so viel Moleküle als 1 Liter Sauerstoff, welcher unter denselben physikalischen Verhältnissen sich befindet. Da nun 2 Liter Wasserstoff und 1 Liter Sauerstoff 2 Liter Wasserdampf bilden, somit 2 Moleküle Wasserstoff und 1 Molekül Sauerstoff 2 Moleküle Wasserdampf geben, so muss in 1 Molekül Wasserdampf 1 Molekül Wasserstoff und ½ Molekül Sauerstoff enthalten sein. Man erkennt daraus, dass durch chemische Prozesse ein Molekül eine noch weitere Teilung in Teilchen erfährt, die nach dem früheren Atome genannt werden. Die chemische Forschung hat gelehrt, dass, mit wenigen Ausnahmen, das Molekül eines Elementes 2 Atome enthält. Daher können wir sagen, dass in einem Molekül Wasser 2 Atome Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff verbunden sind.

Wir können hieraus noch weitere Schlüsse ziehen: Es wurde früher erwähnt, dass die im Wasser enthaltenen Mengen von Wasserstoff und Sauerstoff Gewichte besitzen, welche sich wie 2 : 16 verhalten. Wenn wir das Gewicht eines Wasserstoffatoms 1 setzen, so muss das Gewicht eines Atoms Sauerstoff 16 sein, da 2 Atome Wasserstoff sich mit 1 Atome Sauerstoff verbinden. Man versteht unter Atomgewicht jene Zahl, welche angibt, wie vielmal schwerer ein Atom eines Elementes ist als ein Atom Wasserstoff. Das Atomgewicht des Wasserstoffs ist daher 1, jenes des Sauerstoffgases 16.

Es ist möglich, auf Grund der für das Atomgewicht des Sauerstoffes erhaltenen Zahl die Atomgewichte

einiger anderer Elemente abzuleiten, wie folgende Betrachtung lehren wird. Man hat durch Wägung z. B. gefunden, dass zur Bildung von Quecksilberoxyd Gewichtsmengen von Sauerstoff und Quecksilber erforderlich sind, welche sich wie 1 : 12·5 oder wie 16 : 200 verhalten. Macht man die Annahme, welche durch verschiedene Betrachtungen gerechtfertigt ist, dass ein Molekül Quecksilberoxyd aus 1 Atom Quecksilber und 1 Atom Sauerstoff besteht, so schliessen wir, dass das Atomgewicht von Quecksilber 200 ist.

Mittels dieser Zahlen können wir folgende weitere Schlüsse ziehen: Es wurde erwähnt, dass in der Verbindung Schwefelquecksilber die Gewichtsmengen von Schwefel und Quecksilber sich wie 4 : 25 = 32 : 200, im Schwefeleisen die Gewichtsmengen von Schwefel und Eisen sich wie 4 : 7 = 32 : 56 verhalten. Da 200 das Atomgewicht des Quecksilbers, da ferner die Annahme, dass im Schwefelquecksilber 1 Atom Schwefel mit 1 Atom Quecksilber, im Schwefeleisen 1 Atom Schwefel mit 1 Atom Eisen chemisch verbunden ist, durch Versuche gerechtfertigt ist, so schliessen wir, dass 32 das Atomgewicht des Schwefels, 56 das Atomgewicht des Eisens ist.

§ 19. **Chemische Formelsprache.** Man bezeichnet 1 Atom eines Grundstoffes mit dem Anfangsbuchstaben seines lateinischen Namens, z. B. 1 Atom Wasserstoff (Hydrogenium) mit H, 1 Atom Sauerstoff (Oxygenium) mit O, 1 Atom Stickstoff (Nitrogenium) mit N. u. s. w. Gleichzeitig bezeichnen die Buchstaben die Atomgewichte der Elemente, so H = 1, O = 16, N = 14 u. s. w.

Erfordern zwei Elemente denselben Buchstaben, so hängt man an das Symbol des einen noch einen kleinen Buchstaben an, z. B. wird Quecksilber (Hydrargyrum) mit Hg bezeichnet.

Ein Molekül Wasserstoff, welches aus 2 Atomen besteht, wird mit H_2 bezeichnet; 1 Molekül Wasser, welches aus 2 Atomen Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff besteht, wird mit H_2O bezeichnet. Ein chemischer Prozess wird durch eine Gleichung ausgedrückt; z. B. um anzudeuten, dass ein Molekül Eisen und 1 Molekül Schwefel 2 Moleküle Eisensulfid liefern, schreibt man $Fe_2 + S_2 = 2\ FeS$; ebenso wird die Zerlegung des Wassers dargestellt durch $2\ H_2O = 2\ H_2 + O_2$, wodurch ausgedrückt ist, dass 2 Moleküle Wasser in 1 Molekül Sauerstoff und 2 Moleküle Wasserstoff zerfallen.

Die folgende Tabelle enthält die Angabe der Symbole einiger wichtigen Grundstoffe und deren Atomgewichte:

Name	Symbol	Atomgew.	Name	Symbol	Atomgew.	Name	Symbol	Atomgew.
Aluminium	Al	27·4	Kadmium	Cd	112·0	Quecksilber	Hg	200·0
Antimon	Sb	122·0	Kalium	K	39·1	Sauerstoff	O	16·0
Arsen	As	75·0	Kalzium	Ca	40·0	Schwefel	S	32·0
Baryum	Ba	137·0	Kobalt	Co	58·7	Silber	Ag	108·0
Blei	Pb	207·0	Kohlenstoff	C	12·0	Silizium	Si	28·0
Bor	B	11·0	Kupfer	Cu	63·5	Stickstoff	N	14·0
Brom	Br	80·0	Magnesium	Mg	24·0	Strontium	Sr	87·5
Chlor	Cl	35·5	Mangan	Mn	55·0	Uran	U	240·0
Chrom	Cr	52·2	Natrium	Na	23·0	Wasserstoff	H	1·0
Eisen	Fe	56·0	Nickel	Ni	58·7	Wismut	Bi	210·0
Fluor	Fl	19·0	Phosphor	P	31·0	Zink	Zn	65·2
Gold	Au	197·0	Platin	Pt	197·5	Zinn	Sn	118·0
Jod	J	127·0						

§ 20. **Verbindung des Schwefels mit Sauerstoff.** Ueber die Entstehung der schwefligen Säure (SO_2) wurde schon

früher (§ 10, 4) gesprochen. Wir erwähnen nur noch einige Versuche, welche mit dieser Sauerstoffverbindung des Schwefels angestellt werden können.

1. Eine Flamme, in schweflige Säure, welche schwerer als atmosphärische Luft ist (Dichte 2·2), getaucht, erlischt; es unterhält daher das Gas das Brennen nicht (Löschen von Feuer in geschlossenen Räumen oder Kaminen durch Anzünden von Schwefel).

2. Ein mit schwefliger Säure gefüllter Rezipient wird durch eine Glasplatte geschlossen und mit der Oeffnung nach unten in Wasser getaucht, sodann die Glasplatte entfernt; das nun heftige Eintreten des Wassers in den Rezipienten zeigt an, dass das Gas von Wasser stark absorbiert wird (bei 0° löst Wasser das 80fache Volumen des Gases).

3. Sowohl die gasförmige schweflige Säure als auch die Lösung des Gases in Wasser besitzen starke saure Reaktion.

Die schweflige Säure zerstört niedere Organismen und wird aus diesem Grunde auch zur Desinfektion verwendet.

§ 21. **Schwefelsäure.** Versuch: Wenn man in dem vorher erwähnten Apparate über den in der Verbrennungsröhre (Fig. 22) befindlichen angezündeten Schwefel einen reichlichen Sauerstoffstrom leitet, so dass ein Teil des Sauerstoffes vom Schwefel nicht chemisch gebunden wird, und wenn man das Gemenge von Sauerstoff und schwefliger Säure durch eine Kugelröhre leitet, in welcher Platinasbest (Asbest, in welchem in fein verteiltem Zustande Platin sich befindet) durch eine unter

die Kugelröhre gestellte Flamme erhitzt wird, so tritt eine Verbindung der beiden Gase ein und an der Oeffnung des Kugelrohres erscheinen dicke, weisse Dämpfe. Leitet man dieselbe in eine abgekühlte Vorlage, so kondensieren sich die Dämpfe zu einer öligen Flüssigkeit,

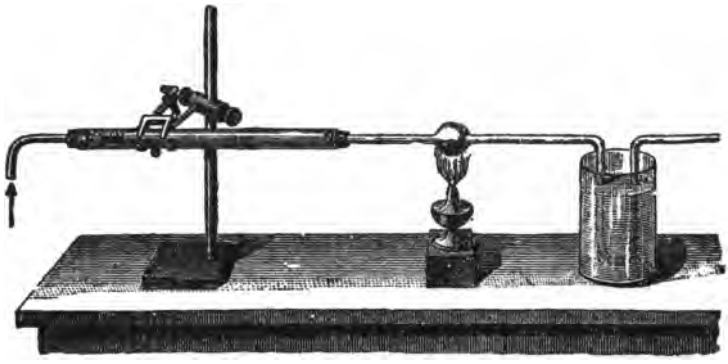


Fig. 22.

welche zu weissen, seidenglänzenden Kristallen erstarrt; dieser Körper wird wasserfreie Schwefelsäure (Schwefelsäureanhydrid) genannt. Die chemische Formel der wasserfreien Schwefelsäure ist SO_3; an der Luft ziehen die Kristalle derselben Wasser begierig an und zerfliessen; es hat sich ein neuer Körper gebildet, welcher Schwefelsäurehydrat oder kurz englische Schwefelsäure genannt wird. Wirft man Schwefelsäureanhydrid in Wasser, so geht die chemische Verbindung so heftig vor sich, dass das Wasser zischt, als ob es mit rotglühendem Eisen in Berührung gekommen wäre.

Aus englischer Schwefelsäure kann man durch Ab-

dampfen keineswegs Schwefelsäureanhydrid gewinnen, wodurch auch der Beweis hergestellt ist, dass die erstere eine chemische Verbindung des letzteren und Wassers ist; der Vorgang wird durch die leicht zu verstehende Gleichung $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$ dargestellt.

Während vollkommen trockenes Schwefelsäureanhydrid Lackmuspapier nicht rötet, reagiert es, wenn es Wasser chemisch gebunden hat, sehr stark sauer.

§ 22. Die englische Schwefelsäure, welche ein spezifisches Gewicht von 1·8 Gramm besitzt, hat eine grosse Neigung, Wasser anzuziehen, welche so gross ist, dass sie auch der Luft ihren Wasserdampf entzieht (zum Trocknen von Gasen verwendet); sie mischt sich mit Wasser in allen Verhältnissen, wobei eine sehr bedeutende Wärmeentwicklung stattfindet; es kann das Gemenge auf diese Weise zum Sieden gebracht und die Flüssigkeit umhergespritzt werden, was fast immer geschieht, wenn man das Wasser in die Schwefelsäure giesst (daher Vorsicht bei der Mischung von Wasser und Schwefelsäure: langsames Eingiessen von Schwefelsäure in Wasser und nicht umgekehrt). Auf der Eigenschaft der Schwefelsäure, Wasser anzuziehen, beruht deren zerstörende Wirkung auf organische Substanzen, wie folgender Versuch lehrt.

Versuch: Wird dicker Zuckerlösung ungefähr eine dreimal so grosse Menge Schwefelsäure zugesetzt, so schwärzt sich die Zuckersubstanz und es bleibt locker zusammenhangende Holzkohle zurück. Zucker besteht nämlich aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, und zwar sind die beiden letztgenannten Elemente in

solchen Quantitäten vorhanden, wie sie zur Wasserbildung erforderlich sind; es werden nun diese Elemente dem Zucker als Wasser von der Schwefelsäure entzogen, während Kohlenstoff zurückbleibt.

Fig. 23.

Holz, in Schwefelsäure getaucht, wird ebenfalls verkohlt; Schwefelsäure in einem offenen Gefässe wird bald dunkel, was von der Aufnahme und dem Verkohlen der in der Luft befindlichen organischen Substanzen herrührt.

§ 23. Versuch: Wenn man in eine hochhalsige Flasche *a* (Fig. 23) Zink (Zn) und verdünnte Schwefelsäure (ungefähr 5 Teile Wasser auf 1 Teil englische Schwefelsäure) bringt, die Flasche mit einem Pfropf verschliesst und durch denselben die Entwicklungsröhre *c* und eine Trichterröhre *b* einführt, welche bis in die Flüssigkeit ragt und den Zweck hat, dass man Schwefelsäure nachgiessen kann, so bemerkt man an der Oberfläche des Zinks eine Menge von Gasblasen aufsteigen, welche durch die Entwicklungsröhre streichen und in einem Rezipienten aufgefangen werden. Dieses Gas erweist sich als Wasserstoffgas, die nach vollzogener Gasentwicklung in der Flasche zurückge-

bliebene Flüssigkeit wird abgegossen, eingedampft und zeigt sich als Zinkvitriol ($Zn\,SO_4$). Der chemische Vorgang, welcher bei diesem Experimente stattfand, wird durch die Substitutionsformel

$$Zn + H_2\,SO_4 = Zn\,SO_4 + H_2$$

dargestellt.

Versuch: Uebergiesst man Schwefeleisen, welches sich in einer Gasentwicklungsflasche befindet, mit verdünnter Schwefelsäure, so entweicht ein nach faulen Eiern riechendes, farbloses Gas; Wasser nimmt bei gewöhnlicher Temperatur etwa sein dreifaches Volumen von diesem Gase, welches Schwefelwasserstoffgas genannt wird, auf; dieses Wasser wird Schwefelwasserstoffwasser genannt. Das Gas verbrennt mit bläulicher Flamme; wenn man über dieselbe einen Glastrichter hält, so beschlägt sich derselbe mit Wassertropfen, gleichzeitig macht sich der Geruch von schwefliger Säure bemerkbar; der Schwefel des Schwefelwasserstoffgases verbrennt nämlich zu schwefliger Säure; der Wasserstoff zu Wasser. Die in der Flasche zurückgebliebene Flüssigkeit besitzt eine grüne Farbe und nach Abdampfen derselben erhält man Kristalle eines grünlichen Salzes, welches Eisenvitriol oder Eisensulfat genannt wird.

Der chemische Prozess bei der eben beschriebenen Entstehung von Schwefelwasserstoff kann durch folgende Gleichung dargestellt werden: $Fe\,S + H_2\,SO_4 = Fe\,SO_4 + H_2S$. $Fe\,SO_4$ ist Eisenvitriol, H_2S Schwefelwasserstoff.

§ 24. **Versuche mit Schwefelwasserstoffgas.** 1. Leitet

man in einen Ballon von der einen Seite Schwefelwasserstoffgas, von der anderen schweflige Säure, so erfüllt sich der Ballon mit dicken, gelblichen Wolken, aus denen sich an den Wänden des Ballons ein gelber, feuchter Absatz bildet; derselbe ist feingepulverter, mit Wasser gemischter Schwefel.

Man stellt den eben beschriebenen Vorgang durch folgende Gleichung dar: $SO_2 + 2\ H_2S = 2\ H_2O + 3\ S$.

2. Eine blanke Silber- oder Kupfermünze, vor die Oeffnung der Entwicklungsröhre, aus welcher Schwefelwasserstoff entweicht, gehalten, wird schwarz; dies rührt her von einer chemischen Verbindung des Schwefelwasserstoffes mit dem Metalle zu einem Schwefelmetalle.

Manche Metalle werden dadurch, dass man Schwefelwasserstoffgas in die Lösungen ihrer Salze leitet, als unlösliche Schwefelmetalle ausgeschieden, weshalb Schwefelwasserstoffgas zur Erkennung von Metallen wichtig ist.

Zinkvitriol, Eisenvitriol werden zu den schwefelsauren Salzen oder Sulfaten gerechnet.

§ 25. **Einwirkung von Schwefelsäure auf Salpeter.** Versuch: In eine kleine, tubulierte und mit einem Glaspfropfen verschliessbare Retorte (Fig. 24) bringt man etwa 10 *g* des im Handel vorkommenden Kalisalpeters und giesst hierzu 15 *g* konzentrierter Schwefelsäure. Die Retorte wird geschlossen, langsam erhitzt; es zeigen sich Dämpfe, welche in einer durch Eis oder kaltes Brunnenwasser gekühlten Vorlage sich zu einer hellen Flüssigkeit verdichten; bei fortgesetzter Erhitzung wird der

Inhalt der Retorte fest, die Schwefelsäure ist also in dem Rückstande nicht mehr als Flüssigkeit vorhanden. Die kondensierte Flüssigkeit färbt sich bei Einwirkung des Lichtes gelb, besitzt sehr starke, saure Reaktionen, färbt stickstoffhaltige organische Substanzen, z. B. Federkiele, Haare, Nägel, dauernd gelb, besitzt eine auf Wasser bezogene Dichte 1·5 und siedet bei 89°. Man nennt sie Salpetersäure.

Fig. 24.

Versuch: Erhitzt man in einem Gefässe Salpetersäure, so entweichen derselben rotbraune Dämpfe, welche Untersalpetersäure genannt werden; eine glimmende Kohle, in diesen Dampf gebracht, entflammt wie in Sauerstoff, der tatsächlich einen Bestandteil der Säure bildet.

Versuch: In eine Gasentwicklungsflasche bringt man Kupferdrehspäne, setzt Wasser und Salpetersäure zu, bis eine starke Gasentwicklung stattfindet. Das farblose getrocknete Gas leitet man in eine Verbrennungsröhre, in der ein Stück Natrium erhitzt wird; von der

Verbrennungsröhre führt ein Gasentwicklungsrohr unter einen Rezipienten, welcher in einer pneumatischen Wanne sich befindet. Das Natrium verbrennt und in den Rezipienten steigt ein farbloses Gas auf, welches sich als Stickstoff erweist. Da letzterer nicht aus dem Kupfer stammen konnte, muss er ein Bestandteil der Salpetersäure sein. Letztere besteht also aus Stickstoff und Sauerstoff.

Genauere Forschungen ergaben, dass die chemische Formel von Salpetersäureanhydrid N_2O_5 ist; dasselbe verbindet sich mit H_2O zu Salpetersäure, welche nach der Gleichung $N_2O_5+H_2O=2\ HNO_3$ durch HNO_3 dargestellt wird.

In der Flasche bleibt eine blaue Flüssigkeit zurück, welche eingedampft Kristalle von salpetersaurem Kupfer (Kupfernitrat) bildet. Salpetersäure löst auch andere Metalle und bildet mit ihnen salpetersaure Salze oder Nitrate. Nur Gold wird von Salpetersäure nicht angegriffen; es wird auf diese Art von anderen Metallen geschieden, weshalb Salpetersäure auch Scheidewasser genannt wird.

Auch der zur Erzeugung von Salpetersäure verwendete Salpeter ist ein Nitrat (Kaliumnitrat). Regen- und Brunnenwasser enthalten bisweilen geringe Mengen von Nitraten. An den Mauern z. B. der Viehställe, wo stickstoffhaltige Substanzen (Exkremente, Dünger) mit dem Kalk in fortwährender Berührung sind, entsteht Kalk- und Mauersalpeter. Wichtigkeit des Kaliumsalpeters bei der Schiesspulverfabrikation (Gemenge von 75% Kaliumsalpeter, 15% Holzkohle

und 10% Schwefel); es gibt nämlich Salpeter beim Erhitzen mit brennbaren Körpern leicht Sauerstoff ab und verpufft.

§ 26. **Einwirkung von Schwefelsäure auf Kochsalz.** Versuch: Erwärmt man konzentrierte Schwefelsäure, welche auf in einem Kolben befindliches trockenes Kochsalz gegossen wurde, so schäumt das Kochsalz auf und es entweicht aus dem Kolben ein farbloses, stechend riechendes Gas, welches in einen aufrechtstehenden Zylinder durch eine Entwicklungsröhre geleitet werden kann. Dort, wo das Gas mit der atmosphärischen Luft in Berührung ist, bilden sich weisse Dämpfe. Das Gas ist schwerer als atmosphärische Luft, es besitzt stark saure Eigenschaften und wird deshalb und weil es aus Kochsalz gewonnen wurde, Salzsäure genannt. Ein mit diesem Gase erfüllter Rezipient, umgekehrt in Wasser gehalten, füllt sich sehr bald mit letzterem; es besitzt somit das Wasser ein sehr starkes Absorptionsvermögen für Salzsäure. Man nennt das an der Luft mit salzsaurem Gase gesättigte Wasser wässerige Salzsäure; dieselbe raucht an der Luft, indem ein Teil des absorbierten Gases aus der Flüssigkeit entweicht. Die wässerige Salzsäure besitzt ebenfalls sehr starke saure Reaktion und zerstört organische Gewebe.

§ 27. **Einwirkung von Salzsäure auf Braunstein.** Versuch: Man bringt in einen Kochkolben (Fig. 25) gepulverten Braunstein, giesst durch die Trichterröhre Salzsäure ein und stellt durch Schütteln ein gleichmässiges Gemenge her, welches man gelinde erwärmt. Es ent-

steht ein stechend riechendes, gelblichgrünes Gas, welches die Atmungsorgane heftig angreift und Chlor genannt wird. Man leitet das getrocknete Gas in einen aufrechtstehenden Rezipienten, aus dem es die Luft ver-

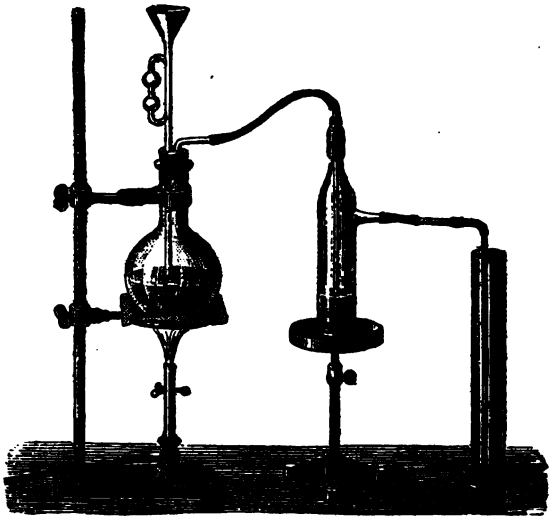


Fig. 25.

drängt, wodurch bewiesen ist, dass es dichter als atmosphärische Luft ist (genaue Versuche ergaben die Dichte des Chlors zu 2·46). Chlor wird insbesonders von kaltem Wasser stark absorbiert und es bildet sich Chlorwasser, eine blassgelbe Flüssigkeit von starkem Chlorgeruche und herbem Geschmacke.

Braunstein besteht aus dem metallischen Elemente Mangan und Sauerstoff; das Chlor musste daher in der

Salzsäure vorhanden gewesen sein und wir wissen nunmehr, dass ein Bestandteil der Salzsäure Chlor ist; der andere Bestandteil ist—wie wir unten sehen werden—Wasserstoff; daher heisst auch Salzsäure Chlorwasserstoffsäure.

Versuche: 1. Indigolösung oder ein feuchter, gefärbter Kattunlappen, in ein mit Chlor gefülltes Gefäss gebracht, werden gebleicht; dasselbe ist mit gefärbten Blumen der Fall, welche in Chlorgas getaucht werden. Es hat also dieses Gas bleichende und auch desinfizierende Eigenschaften.

2. Ein brennendes Wachskerzchen, welches an einem aufwärts gebogenen Drahte befestigt ist und in Chlorgas getaucht wird, brennt mangelhaft unter Russabscheidung.

3. Wird fein gepulvertes Antimon in trockenes Chlorgas gestreut, so findet die Vereinigung der beiden Stoffe unter Feuererscheinung statt; es entsteht ein weisser Rauch; nach dem Erkalten finden wir an den Wandungen des Gefässes eine pulverförmige Masse, welche Antimonchlorid genannt wird.

Dieselben Erscheinungen zeigen sich, wenn man erwärmtes Rauschgold (dünn geschlagenes Messing) oder Stanniol in trockenes Chlorgas bringt; auch dann erfolgt die Verbindung der Metalle und des Chlors unter leichter Lichtentwicklung.

Die Verbindungen des Chlors mit Metallen werden Chlormetalle oder Metallchloride genannt.

4. Leitet man trockenes Chlorgas durch eine Verbrennungsröhre (eine schwer schmelzbare Glasröhre),

in welcher man Natrium bis zum Schmelzen durch Erhitzen gebracht hat, so verbinden sich die beiden Elemente unter lebhafter Lichtentwicklung; das entstandene Natriumchlorid ist ein weisses Pulver, welches sich in jeder Beziehung als identisch mit Kochsalz erweist; letzteres ist daher Chlornatrium oder Natriumchlorid. Die Verbindungen von Chlor mit Metallen sind salzähnliche, meist in Wasser lösliche Körper und heissen Haloidsalze.

5. Silbernitrat (Höllenstein) ist ein Reagens auf Chloride. Bringt man eine Kochsalzlösung (ClNa) mit einer Auflösung von Höllenstein zusammen, so bildet sich ein flockiger Niederschlag von Chlorsilber. Setzt man einen Teil des letzteren den Sonnenstrahlen aus, so tritt unter deren Wirkung eine Zersetzung des Chlorsilbers ein. Das Silber scheidet sich als dunkler, pulverförmiger Körper ab, das Chlor entweicht. (Chemische Wirkung des Lichtes.)

§ 28. **Synthese der Salzsäure**, Versuche: 1. Ein Zylinder wird zuerst zur Hälfte mit Wasserstoff, zur anderen Hälfte mit Chlor gefüllt, bedeckt aus dem Wasser herausgenommen, in Tücher gehüllt und das Gemenge mittelst eines brennenden Spanes entzündet; diese Entzündung erfolgt unter lebhafter Explosion; wird der Zylinder wieder verschlossen und verkehrt in Wasser getaucht, so steigt dasselbe zum Teil in den Zylinder hinauf, besitzt dann saure Reaktion und erweist sich als wässerige Salzsäure, welche somit durch Synthese von Chlor und Wasserstoff erzeugt wurde.

2. Man füllt den Zylinder wie in dem Versuche 1, be-

deckt ihn mit einer Pappscheibe, stürzt eine Pappendeckelkapsel darüber, stellt das Ganze ins Sonnenlicht oder in das intensive Licht von verbrennendem Magnesium und hebt mittels eines langen Stabes die Kapsel auf. In dem Augenblicke, in welchem das Licht die Gasmischung trifft, erfolgt die chemische Verbindung unter lebhafter Explosion.

Es vereinigen sich somit Chlor und Wasserstoff sowohl durch Entzündung wie unter der Einwirkung von Sonnenlicht oder auch Magnesiumlicht zu Chlorwasserstoff.

3. Wenn der mit dem Gemenge von Chlor und Wasserstoff erfüllte Zylinder verkehrt in Quecksilber gestellt wird, so verbinden sich die beiden Gase—sich selbst überlassen—im zerstreuten Tageslicht zu Chlorwasserstoff; man macht die Beobachtung, dass das Quecksilber weder steigt noch fällt, dass also ein Volumen Chlor und ein Volumen Wasserstoff zwei Volumina Chlorwasserstoff geben.

Dem Avogadroschen Gesetze entsprechend, muss also ein Molekül Chlor und ein Molekül Wasserstoff 2 Moleküle Chlorwasserstoff geben, d. h. 1 Atom Chlor und 1 Atom Wasserstoff liefern ein Molekül Salzsäure; es ist also die chemische Formel der letzteren ClH.

Nachdem auf diese Weise die Formel für ClH abgeleitet wurde, ist es leicht, die im Vorigen beschriebene Einwirkung der Salzsäure auf Braunstein durch eine chemische Gleichung darzustellen.

Braunstein (MnO_2), mit Salzsäure übergossen, und bei Erwärmung des Gemenges gibt entsprechend der

Gleichung: $MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2\ H_2O$ Chlor, Wasser und Manganchlorid.

§ 29. **Salmiak.** Im Handel kommt eine weisse Masse, Salmiak vor; dieselbe hat einen stechend salzigen Geschmack und besitzt keine Reaktion auf Pflanzenstoffe.

Salmiak findet sich in der Natur in vulkanischen Gegenden.

§ 30. **Zusammensetzung des Salmiaks.** Versuch: In einen Kolben, welcher durch einen Pfropf geschlossen werden kann, durch den eine Trichterröhre und eine Gasentwicklungsröhre geht, bringt man ein Gemenge von gelöschtem Kalk und Salmiak (in dem Gewichtsverhältnisse von 3:2), giesst auf dasselbe etwas Wasser und erwärmt gelinde. Es entweicht aus dem Gasentwicklungsrohr ein farbloses, stechend riechendes Gas, welches man in einem umgekehrten Zylinder auffangen kann; dieses Gas, Ammoniak genannt, wird sehr stark vom Wasser absorbiert. Die Ammoniak enthaltende Flüssigkeit wird Salmiakgeist genannt. Ammoniak erweist sich als eine starke Base.

§ 31. **Versuche mit Ammoniakgas.** 1. Füllt man einen Zylinder mit trockenem Ammoniakgas, einen zweiten mit trockenem Chlorwasserstoff, bedeckt beide mit Glasplatten, stellt sie so aufeinander, dass der Salzsäurezylinder oben ist und zieht die Glasplatten weg, so füllen sich die beiden Zylinder unter Erhitzung mit dichten weissen Nebeln und es scheidet sich an den Wänden ein weisses Pulver ab, welches sich als Salmiak erweist. Es ist daher Salmiak eine chemische Verbindung von Ammoniak und Chlorwasserstoffgas.

Zusammensetzung des Ammoniakgases. Versuch: Bringt man Zink in mässig konzentrierte Kalilauge und setzt eine Lösung von salpetersaurem Kalium (Kaliumsalpeter) hinzu und erhitzt, so entsteht reichlich Ammoniakgas. Zink, in derselben Weise allein mit Kalilauge erhitzt, liefert Wasserstoff, Zink, mit Kalisalpeter, allein erhitzt, gibt Stickstoff; da nun beim Erhitzen der drei Substanzen Ammoniak entsteht, so erscheint der Schluss gerechtfertigt, dass dieses Gas aus Stickstoff und Wasserstoff, welche im Entstehungszustande sich vereinigen, zusammengesetzt ist.

Die chemische Formel für Ammoniak ist NH_3. Der oben angegebene Versuch 1 wird durch folgende Gleichung dargestellt:

$$NH_3 + ClH = ClNH_4.$$

$ClNH_4$ ist die chemische Formel für Salmiak.

Ammoniak verbindet sich gern mit Säuern und bildet dann Salze, welche im Wasser löslich sind (Anwendung des Salmiakgeistes daher bei der Entfernung von Säureflecken in Kleidern), so z. B. mit Salpetersäure zu einem Salze, welches salpetersaures Ammon heisst. Ammoniaksalze sind in der Luft, im Regen- und Schneewasser in geringen Quantitäten vorhanden; sie bilden sich bei der Fäulnis tierischer Stoffe und sind in der Ernährung der Pflanzen von hervorragender Wichtigkeit; die Pflanze nimmt nämlich den Stickstoff, welchen sie braucht, nicht aus der Luft, sondern nur in Form von Ammoniak auf; deshalb sind Ammoniaksalze ein Hauptnahrungsmittel der Pflanzen und machen den wertvollen Bestandteil des Düngers aus.

§ 32. **Trockene Destillation.** Versuch: Werden in einem Probiergläschen *a* (Fig. 26) einige Holzstückchen oder Kohlenstückchen erwärmt, so verdichtet sich in dem kühl gehaltenen Probiergläschen *b* eine wässerige Flüssigkeit von saurem Charakter und eine ölartige Flüssigkeit; aus dem Glasröhrchen entweicht ein Gas, welches angezündet mit heller, leuchtender Flamme brennt; die Verbrennungsprodukte sind beinahe durchwegs nur Kohlensäure und Wasser, wodurch bewiesen ist, dass die aus der Röhre ausströmenden Gase aus Kohle und Wasserstoff vorzugsweise bestehen. Man bezeichnet das aus der Röhre entweichende Gasgemenge Leuchtgas; dasselbe muss, damit es zum Gebrauche geeignet sei, noch eine Reinigung erfahren.

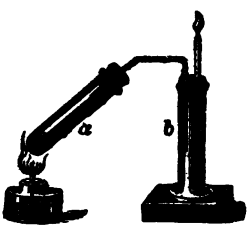


Fig. 26.

Die wässerige Flüssigkeit in der Eprouvette *b* ist eine Lösung von Ammoniakverbindungen, die ölartige Flüssigkeit wird Teer genannt; der in der Eprouvette *a* vorhandene Rückstand endlich ist Kohlenstoff mit den mineralischen Bestandteilen der ursprünglichen Substanzen.

Man nennt das Erhitzen organischer Substanzen bei Luftabschluss trockene Destillation.

Erste Leuchtgasbereitung im Jahre 1786, erste Beleuchtung mit Leuchtgas in London 1812, erste Beleuchtung von Paris im Jahre 1820.

§ 33. **Verbrennung.** Die Verbrennung unserer

Brennmaterialien erfolgt in der Weise, dass sich der O der Luft mit dem Brennstoffe verbindet; es muss daher zur Unterhaltung der Verbrennung frische Luft oder O zu dem brennenden Körper t r e t e n. Stellt man auf den Tisch eine Kerzenflamme und über diese einen Lampenzylinder, so dass letzterer luftdicht auf dem Tische aufruht, so erlischt sehr bald das Licht. Stellt man den Lampenzylinder nicht direkt auf den Tisch, sondern (Fig. 27) auf zwei Holzstäbchen, so dass am unteren Ende des Zylinders Luft in denselben eintreten kann, so brennt das Licht fort; in der Nähe des unteren Endes des Zylinders entwickelter Rauch (durch einen glimmenden Papierstreifen) zeigt deutlich, dass die Luft in den Zylinder unten ein-, oben aus demselben strömt; auf diese Weise ist die Flamme immer von einer O-haltigen Atmosphäre umgeben. Bedeckt man das offene obere Ende des Lampenzylinders mit einer Glasplatte, so unterdrückt man die erwähnte Strömung und die Flamme erlischt.

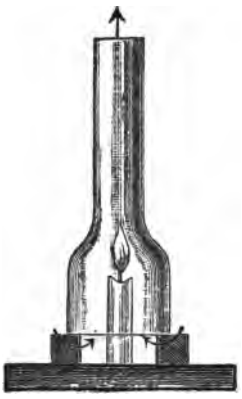


Fig. 27.

Liefern Körper keine brennbaren Gase (wie Kohlenstoff), so verbrennen sie unter Glühen; alle entzündlichen Gase und alle jene Körper, die beim Verbrennungsprozesse brennbare Gase entwickeln (so z. B.

Kerze, Oel, Petroleum, Holz, u. s. f.), brennen mit Flamme.

Dass nicht für alle brennbaren Körper die Neigung zum Verbrennen dieselbe ist, dass bei nicht hinreichendem Luftzutritte erst H verbrennt, während der ausgeschiedene C ins Glühen gerät, zeigt die Flamme einer brennenden Kerze, welche man in ihrer Mitte durch ein horizontal gehaltenes Drahtnetz durchschneidet. Wir sehen (Fig. 28) einen dunkeln Kern *a* von unverbranntem Gase, der umgeben ist von einem hellen Mantel *b*, in dem wegen des mangelhaften O-Zutrittes nur der H zu Wasser verbrennt, während der ausgeschiedene C durch die bei dieser Verbrennung herrschende Hitze glühend wird und der Flamme die grosse Lichtintensität verleiht; der helle Mantel ist noch umgeben von einer dünnen farblosen Hülle (Schleier genannt), in welcher der C vollständig verbrennt; am unteren Saume der Flamme bemerkt man einen blauen Teil, der vom verbrennenden Kohlenoxydgase herrührt.

Fig. 28.

Die Leuchtkraft einer Flamme hängt von der Menge der in ihr vorkommenden glühenden festen Körper oder Dämpfe von grosser Dichte ab (die sehr schwach leuchtende Flamme des Wasserstoffgases strahlt ein intensives Licht aus, wenn man einen Platindraht in sie hineinhängt). Die Hitzekraft einer Flamme hängt von der Beschaffenheit des Brennmaterials und von der gehörigen Sauerstoffzufuhr ab. Wird so viel Luft einer

Flamme zugeleitet, dass der Kohlenstoff nicht zum Glühen, sondern gleich zum Verbrennen kommt, so leuchtet die Flamme gar nicht, entwickelt aber eine grosse Hitze und heisst deshalb eine Heizflamme.

Die Flamme des sehr gebräuchlichen Bunsenschen Brenners kann man entweder als Leucht- oder als Heizflamme benützen, je nachdem man für die Luftzufuhr durch eine geeignete Vorrichtung weniger oder mehr sorgt.

Die Gestalt der Flamme, wie wir sie an einer brennenden Kerze beobachten, wird durch die ausströmende warme Luft bedingt. Bei Gasflammen beeinflusst die Gestalt des Brenners die Gestalt der Flamme. Die Farbe der Flamme hängt von den Substanzen ab, welche in der Flamme verflüchtigen (Kochsalz färbt z. B. die Flamme gelb, Chlorlithium rot, Chlorkupfer grün, Baryumsalze grünlichgelb u. s. f.).

IV. LEHRE VOM MAGNETISMUS.

§ 1. **Natürliche und künstliche Magnete. Grundversuche.** Schon im Altertum war die Eigenschaft gewisser Eisenerze, kleine Eisenteilchen anzuziehen und festzuhalten, bekannt. Derartige Erze, Magneteisensteine (Eisenoxyduloxyd) genannt, wurden deshalb Magnete bezeichnet, weil sie in der Nähe der Stadt Magnesia in Kleinasien am häufigsten gefunden wurden; die Eigenschaft, vermöge welcher sie die oben erwähnte Wirkung hervorrufen, heisst Magnetismus. Dieselbe kann durch mehrere Methoden (Magnetisieren) einem weichen Eisenstücke vorübergehend, einem Stahlstücke dauernd erteilt werden. Ein magnetisiertes Eisen- oder Stahlstück wird ein künstlicher Magnet genannt; wir werden uns letzterer in den nachfolgenden Versuchen bedienen.

Versuch: 1. Hält man einen künstlichen stabförmigen Magnet, einen sogenannten Magnetstab, über einen Bogen Papier, auf welchem Eisenfeilspäne sich befinden, so richten sich die letzteren auf, bewegen sich zum Magnetstab und setzen sich an demselben büschelförmig an. Ein künstlicher Magnet zeigt also dieselbe Erscheinung wie ein natürlicher Magnet.

Versuch: 2. Hängt man an einem Faden einen kleinen Magnetstab auf und nähert demselben ein Stück Eisen, so bemerkt man, dass der Magnetstab sich dem Eisenstücke nähert und schliesslich von ihm festgehalten wird.

Wir schliessen daraus, dass die Anziehung zwischen dem Magnete und dem Eisen eine gegenseitige ist.

Versuch: 3. Bringt man zwischen dem Magnete und dem Eisenstücke Glas, Holz, Papier und andere Körper, so findet dennoch die früher erwähnte Anziehung statt.

Dazwischen gebrachtes Eisen macht insofern eine Ausnahme, als durch dasselbe die Wirkung geschwächt wird.

Es findet also die gegenseitige Anziehung, welche eine Fernwirkung ist, nicht nur durch die Luft, sondern auch durch andere Körper, mit Ausnahme des Eisens, das diese Wirkung beträchtlich vermindert, ungeschwächt statt.

Versuch: 4. Bringt man den Magnet in die Nähe von Kupferspänen, von Zinkfeilicht u. s. w., so findet keine Anziehung statt.

Absondern der Eisenfeilspäne aus einem Gemenge von Eisenfeilen und Kupferspänen mittels eines Magnetes.

§ 2. **Pole eines Magnetes.** Versuch: Taucht man (Fig. 29) einen Magnetstab in Eisenfeilspäne, so hängen sich die meisten Eisenteilchen an den beiden Enden an, zwischen diesen beiden Stellen nimmt die Menge der Späne ab und in der Mitte sieht man gar keine Feilspäne. Die beiden Enden des Magnetes, von welchen das Eisen am kräftigsten angezogen wird, heissen die magnetischen Pole; zwischen denselben nimmt

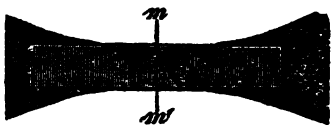


Fig. 29.

also die Anziehung gegen die Mitte immer mehr und mehr ab und verschwindet in der mittleren Zwischenstelle, der Indifferenzzone, gänzlich.

Versuch: Ein dünnes Magnetstäbchen *ns* (Fig. 30), dem man gewöhnlich die Gestalt eines sehr lang gestreckten Rhombus erteilt und das an dem spitzen Enden desselben die magnetischen Pole besitzt, heisst Magnetnadel. An jener Stelle, an der sich ihr Mittelpunkt befindet, ist sie mit einem Hütchen aus Achat versehen und auf eine feine, vertikale Stahlspitze gesetzt. Es richtet sich der eine Pol ungefähr nach Norden, der andere ungefähr nach Süden; die Nadel kommt in einer bestimmten Lage ins Gleichgewicht; bringt man sie aus derselben heraus, so kehrt sie stets nach einigen Schwingungen wieder zurück. Den nach Norden zeigenden Pol der Magnetnadel nennt man Nordpol, den zweiten ihren Südpol; die Verbindungslinie der beiden Pole heisst die magnetische Achse des Magnetes.

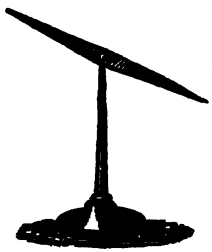


Fig. 30.

§ 3. **Magnetische Anziehung und Abstossung.** Versuch: Nähert man die Pole zweier Magnetnadeln einander, so bemerkt man, dass die Nordpole der beiden Magnetnadeln sich gegenseitig abstossen, ebenso die beiden Südpole sich voneinander entfernen, dass hingegen der Nordpol der einen und der Südpol der anderen Magnetnadel sich wechselseitig anziehen.

Gleichnamige Magnetpole stossen einander ab, ungleichnamige Pole ziehen sich an.

Die Wirkung zwischen zwei Magnetpolen hängt ausser von der Stärke derselben noch von ihrer Entfernung in der Weise ab, dass einer grösseren Entfernung derselben eine schwächere Wirkung entspricht. Gleichnamige Pole werden wegen des oben erwähnten Verhaltens feindliche, ungleichnamige freundliche Pole genannt.

Versuch: Wird eine um eine horizontale Achse drehbare, also in vertikaler Ebene bewegliche Magnetnadel über den Nordpol gegen die Indifferenzzone zum Südpol eines Magnetstabes geführt, so findet man, dass von der ganzen vom Nordpol bis zur Indifferenzzone reichenden Hälfte der Südpol der Magnetnadel angezogen wird, während von der zweiten Hälfte der Nordpol der Nadel eine Anziehung erfährt. Es wirkt also die ganze Hälfte des Stabes, auf welcher der Nordpol sich befindet, die sogenannte Nordhälfte, wie der Nordpol, die ganze andere Stabhälfte, die Südhälfte, wie der Südpol.

Ueber dem Nordpol eines horizontalen Magnetstabes stellt sich die Magnetnadel mit dem Südpol abwärts gekehrt vertikal, die Neigung wird immer kleiner, je näher man mit der Nadel der Indifferenzzone kommt, über dieser stellt sich die Nadel horizontal; von da nimmt die Neigung der Magnetnadel, welche jetzt mit ihrem Nordpole gegen den Südpol des Magnetstabes weist, immer mehr zu und stellt sich über letzterem wieder vertikal.

Weil man die Eigenschaft eines Magnetes Magnetis-

mus nennt, so muss man nach den vorstehenden Versuchen zwei verschiedene Magnetismen, den Nord- und Südmagnetismus, unterscheiden.

§ 4. **Die magnetische Verteilung (Influenz).** Versuch: 1. Von den Polen eines starken Magnetes wird ein Stück weichen Eisens, von diesem ein zweites, von letzterem ein drittes u. s. f. angezogen; je stärker der Magnet ist, desto grösser wird die Zahl der angezogenen Eisenstückchen sein.

Versuch: 2. Wird in der Nähe eines Magnetpoles ein Stück weichen Eisens befestigt, so zieht dasselbe Eisenfeilspäne oder leichtere Eisenteile an. (Fig. 31.)

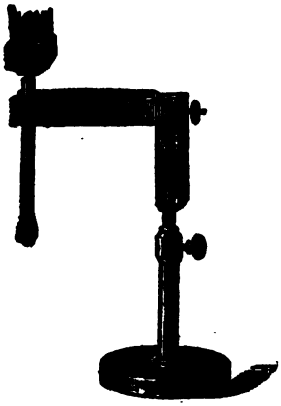


Fig. 31.

Entfernt man im Versuche 1 das erste Eisenstück von dem Magnete, so fallen auch die weiter angehängten Stücke ab; entfernt man im Versuche 2 den Magnetpol von dem Eisenstücke, so werden die von letzterem angezogenen Eisenfeilspäne abfallen.

Ein Stück weichen Eisens wird also in der Nähe eines Magneten selbt magnetisch; dieser magnetische Zustand dauert aber nur so lange, als die beiden Körper einander nahe sind. Man sagt, der Magnet übe auf das Eisenstück eine induzie-

rende oder influenzierende oder verteilende Wirkung aus und durch diese wird das letztere ein Magnet.

Versuch: 3. Nähert man den verschiedenen Stellen eines z. B. von dem Nordpol eines grösseren Magnetstabes angezogenen Eisenstäbchens eine Magnetnadel, wie sie durch Fig. 30 dargestellt ist, so findet man, dass der Südpol derselben von dem unteren Ende des Eisenstäbchens angezogen, ihr Nordpol abgestossen wird, dass also dieses Ende des Eisenstäbchens nordmagnetisch ist; in ähnlicher Weise kann man sich überzeugen, dass das obere Ende des Eisenstäbchens durch die Annäherung an den Nordpol des Magnetstabes südmagnetisch geworden ist. Der Südpol des Magnetstabes ruft ebenso in dem ihm genäherten Ende des Eisenstäbchens Nordmagnetismus, in dem unteren Ende desselben Südmagnetismus hervor.

Ein Eisenstab erhält also durch Influenzwirkung in der Nähe eines Magnetpoles in dem angenäherten Ende den entgegengesetzten Pol, in dem vom Magnetpole abgewendeten den gleichnamigen Pol.

Versuch: 4. Hängt an dem Nordpol eines Magnetstabes ein Eisenstückchen und bringt man in die Nähe des ersteren den Südpol eines gleich starken Magnetes, so fällt das Eisenstückchen ab. Die beiden Magnetismen heben deshalb sich auf, wenn sie in gleicher Stärke ihre Wirkung vereinigen.

Wiederholt man die Versuche 1 und 2, so oft man will, so findet man, dass der Magnet von seiner ursprünglichen ihm innewohnenden Kraft nichts verloren hat; es kann also das Eisenstück nicht durch Mitteilung

seinen Magnetismus von dem Magnete erhalten haben, es müssen die beiden Magnetismen im Eisenstücke schon vor der Annäherung an den Magnetstab vorhanden gewesen sein, aber derart vereinigt, dass nach aussen sich ihre Wirkungen aufheben (nach Versuch 4). Durch die Wirkung des Magnetpoles wurden die beiden Magnetismen getrennt, der ungleichnamige Magnetismus wurde in den dem Magnetpole genäherten Teil des Eisenstückes gezogen, der gleichnamige Magnetismus wurde in das entfernte Ende abgestossen.

Wiederholt man den Versuch 2 nicht mehr mit weichem Eisen, sondern mit Stahl, welcher frisch gehärtet wurde (geglüht und im kaltem Wasser abgelöscht), so zieht der Stahlstab, unmittelbar nachdem er vom Magnete angezogen wurde, kaum ein Eisenfeilspänchen an; ist aber ein Stahlstück längere Zeit in Berührung mit einem Magnetpole gewesen, so zieht es, wie das weiche Eisenstäbchen im Versuche 2, Feilspäne an und es verliert nach Entfernung des Magnetpoles den Magnetismus nicht. Weiches Eisen nimmt also leicht Magnetismus an, verliert denselben aber auch wieder, wenn es vom Magnete entfernt wird; Stahl nimmt dagegen den induzierten Magnetismus nur schwer an, behält aber den Magnetismus auch nach Entfernung vom induzierenden Magnete.

Den im weichen Eisen erzeugten Magnetismus heisst man temporären, den im Stahl auftretenden permanenten.

Erklärung der magnetischen Anziehung eines Eisenstückes von Seite eines Magnetes nach dem vorigen.

Die an einem Magnetpole sich anhängenden Eisenfeilspäne bilden Fäden, deren Enden sich büschelig auseinandersträuben.

§ 5. **Konstitution der Magnete.** Versuch: Zerbricht man einen dünnen Magnetstab (z. B. eine magnetisierte Stricknadel), so findet man, dass, wie oft dieses Zerbrechen in mehrere Teile auch immer eintreten mag, jeder dieser Teile ein vollständiger Magnet mit zwei Polen ist. Wir schliessen daraus, dass auch die kleinsten Teile eines Magnetes, die Moleküle, selbst Magnete sind. Man findet weiter, dass die nach dem Nordpol der magnetisierten Stricknadel hin liegenden Enden der durch Zerbrechen entstandenen Teilchen wieder nordpolar magnetisch, die nach dem Südpol der Stricknadel hin liegenden Enden südmagnetisch sind. Es liegen also die Nordpole der kleinen Elementar- oder Molekularmagnete sämtlich nach dem Nordpol des grossen Magnetes, die Südpole nach dessen Südpole zu.

Man stellt sich vor, dass im unmagnetisierten Eisen oder Stahl auch schon alle Moleküle magnetisch sind, dass sie aber höchst unregelmässig und wirr durcheinander liegen. Die Folge davon ist, dass die Wirkung auf einen äusseren Punkt Null ist; wenn z. B. der Nordpol eines Molekularmagnetes den äusseren Punkt anzieht, stösst der daneben liegende Südpol eines benachbarten Molekularmagnetes denselben Punkt ab. Wird nun Eisen oder Stahl magnetisiert, so werden die wirr durcheinander liegenden Elementarmagnete derart geordnet, dass sie dem magnetisierenden Pole ihre befreundete Seite zukehren; die einzelnen Molekularmag-

nete stellen sich parallel und der Körper erscheint magnetisch. Der Bewegung dieser Elementarmagnete setzt sich ein gewisser Widerstand, den man Koerzitivkraft nennt, entgegen; derselbe ist im Stahle gross, im weichen Eisen klein; deshalb lässt sich weiches Eisen leichter magnetisieren als Stahl, verliert aber nach Entfernung des influenzierenden Poles seinen Magnetismus sehr bald.

§ 6. **Erzeugung von künstlichen Magneten.** Permanenter Magnetismus kann nur im Stahle erzeugt werden und man wendet zur Erzeugung von permanenten Magneten vorzüglich die Methode des Streichens an.

Gewöhnlich werden die entgegengesetzten Pole zweier Magnetstäbe, die man unter Winkeln von ungefähr 20° gegen den zu magnetisierenden Stahlstab neigt, in dessen Mitte aufgesetzt. Man streicht mit ihnen gleichzeitig zum einen Ende des Stabes hin, hierauf zurück zum anderen Ende, ohne die Magnetstäbe aufzuheben, setzt diese Operation mehrere Male fort und hebt endlich in der Mitte des Stahlstabes die Magnete wieder ab. Jenes Ende, welches vom Nordpol des Magnetes berührt wurde, erhält einen Südpol und umgekehrt.

Man wendet hierbei öfters einen hufeisenförmig gebogenen Magnetstab, einen sogenannten Hufeisenmagnet, an.

Hufeisenmagnete werden sehr oft mit ihren gleichnamigen Polen aufeinandergelegt und zusammengefügt (Fig. 32). Verstärkend wirkt die Armatur, bestehend aus Stücken von weichem Eisen, welche man an die Magnetpole anhängt; diese werden durch Induktion in

Fig. 32.

der Nähe der Pole entgegengesetzt magnetisch und ziehen noch gleichen Magnetismus in die Pole.

Die Stärke des im Stahlstabe erzeugten Magnetismus ist von der Stärke des erzeugenden Magnetes, von der Grösse und Beschaffenheit (Härte) des zu magnetisierenden Stahles abhängig, ausserdem von der Anzahl der Striche. Man beobachtet aber, dass über eine gewisse Grenze das weitere Streichen von keinem Einflusse mehr ist. Ist diese Grenze erreicht, so sagt man, der Stahlstab sei bis zur Sättigung magnetisiert.

Tragkraft eines Magnetes. Bringt man an den wohlgeschliffenen Pol eines Magnetes einen ebensogut geschliffenen Anker (Stück aus weichem Eisen), an welchem eine Wagschale befestigt ist, und gibt in die letztere so viel Gewichte, bis der Anker abreisst, so bestimmt die Grösse dieser Gewichte die Tragkraft des Magnetes.

Vermindert wird die Tragkraft durch Abreissen des Ankers, durch Schlagen und Erschüttern des Magnetes, endlich durch Erwärmen desselben. Den Magnetismus kann ein Stahlstab ganz verlieren, wenn er bis zur Rotglühhitze erhitzt wird.

§ 7. **Erdmagnetismus.** 1. Deklination. Schon früher wurde erwähnt, dass eine um eine vertikale Achse drehbare Magnetnadel (Deklinationsnadel) sich jedesmal in eine bestimmte Richtung derart einstellt, dass ihr Nord-

pol ungefähr nach Norden, ihr Südpol ungefähr nach Süden weist; wird sie aus dieser Lage gebracht, so kehrt sie nach einigen Schwingungen in dieselbe zurück. Jene Vertikalebene, welche durch die magnetische Achse einer ruhenden Deklinationsnadel gelegt werden kann, heisst magnetischer Meridian; derselbe bildet mit dem astronomischen Meridian einen Winkel, welcher Deklination (Abweichung) der Magnetnadel genannt wird; je nachdem die ruhende Deklinationsnadel vom astronomischen Meridian nach Osten oder Westen abweicht, spricht man von einer östlichen oder westlichen Deklination.

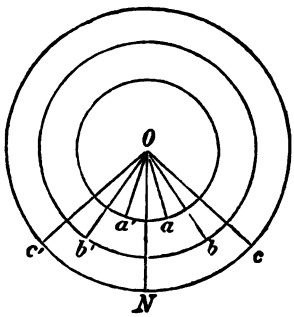


Fig. 33.

Die Durchschnittslinie des astronomischen Meridians mit dem Horizonte, die sogenannte Mittagslinie oder Nord-Südlinie, kann man in folgender Weise bestimmen: In einem Punkte *O* (Fig. 33) einer horizontal aufgestellten Platte wird auf dieselbe senkrecht ein feiner Stift aufgestellt; Punkt *O* bildet den Mittelpunkt einiger konzentrischen Kreise. Je näher die Sonne dem Meridiane ist, desto kürzer ist der Schatten des Stabes; befindet sich die Sonne im Meridiane, also zur astronomischen Mittagszeit, so ist der Schatten am kürzesten. Man bezeichnet so vormittags die Stellen *a*, *b*, *c*, an welchen die Spitze des Schattens die verschiedenen Kreislinien trifft, und ebenso des Nachmittags die

entsprechenden Stellen a', b', c'; verbindet man die beiden Punkte auf jeder Kreisperipherie mit dem Mittelpunkte O und halbiert die entstehenden Winkel aOa', bOb', cOc', so geben diese Halbierungslinien, die zusammenfallen, die Mittagslinie ON an. Ein solcher Sonnenweiser oder Gnomon wurde schon im Altertume zur Bestimmung der Mittagslinie verwendet. Stellt man nun auf die erwähnte Horizontalebene eine Deklinationsnadel so auf, dass deren Mittelpunkt mit O zusammenfällt, so gibt der Winkel, den die Achse der ruhenden Deklinationsnadel mit ON bildet und den man an einer an dem Apparate angebrachten Gradteilung ablesen kann, die magnetische Deklination an, welche an dem Beobachtungsorte zur Zeit der Beobachtung herrscht.

2. Inklination. Wird eine unmagnetisierte Stahlnadel, durch deren Mittelpunkt eine horizontale Achse hindurchgeht, welche in einer an einem ungedrehten Faden (Kokonfaden) aufgehängten Schere befestigt ist, sich selbst überlassen, so bleibt sie in jeder Lage, die man ihr erteilen mag. Wird jedoch die Stahlnadel magnetisiert und dann in der jetzt angedeuteten Weise wieder aufgehängt (Fig. 34), so stellt sie sich in der Ebene des magnetischen Meridians ein und neigt sich in dieser Ebene gegen den Horizont; wird sie aus dieser Lage herausgebracht, so kehrt sie nach einigen Schwingungen wieder in dieselbe zurück. Der Winkel, den eine so aufgehängte Nadel, die man Inklinationsnadel nennt, mit dem Horizonte bildet, heisst Inklination oder Neigung der Magnetnadel gegen den Horizont. Man findet, dass in unserer (der nördlichen) Erdhälfte der Nordpol

der Nadel abwärts, der Südpol sich nach oben wendet; in der südlichen Erdhälfte würde eine solche Nadel ihren Südpol gegen den Horizont senken.

Fig. 34.

Sowohl die Deklination als auch die Inklination ändert sich zu derselben Zeit in ihrer Grösse von Ort zu Ort und an demselben Orte mit der Zeit. Die Deklination ist in Wien jetzt ungefähr 8° westlich, die Inklination ungefähr 63° 5′.

Erklärung der Erscheinungen des Erdmagnetismus. Wenn man in der Nähe eines magnetischen Nordpoles viele Inklinationsnadeln aufhängt, so richten sie sämtlich ihre Südpole gegen den Nordpol hin; in umgekehrter Weise tritt diese Erscheinung ein, wenn die Inklinationsnadeln sich in der Nähe eines magnetischen Südpoles befinden. Nach dem früheren zeigen aber die Inklinationsnadeln mit ihren Nordpolen auf der nördlichen Erdhälfte, auf der südlichen Erdhälfte mit ihren Südpolen abwärts. Wir können demnach die Erde als einen Magnet betrachten, der auf der nördlichen Halbkugel südmagnetisch ist und einen Südpol hat, auf der südlichen Erdhälfte nordmagnetisch ist und hier einen Nordpol hat. Die magnetische Erdkraft wirkt an einem Orte in der Richtung, welche durch die Lage einer ruhenden Inklinationsnadel gegeben ist. Die Stellen an der Erdoberfläche, an welchen die Inklinationsnadel

vertikal sich stellt, entsprechen den Polen des grossen Erdmagnetes.

Ein weiterer Beweis für den magnetischen Zustand der Erde ist die Erscheinung, dass ein glühender Stahlstab, welcher während des Erkaltens die Richtung der Inklinationsnadel erhält, permanenten Magnetismus mit dem Nordpol nach unten (in unseren Gegenden) bekommt. Magnetischwerden von Werkzeugen, Drehspänen und dergleichen.

Die Deklinationsnadel wird benutzt, um sich auf dem Meere oder in der Wüste nach den Weltgegenden zu orientieren. Hierzu dient vorzüglich der Kompass, welcher eine mit einer Windrose versehene Deklinationsnadel ist, die so aufgehängt werden muss, dass sie bei den Schwankungen, denen sie z. B. auf dem Meere ausgesetzt ist, horizontal bleibt.

VI. LEHRE VON DER ELEKTRIZITÄT.

Elektrische Grunderscheinungen.

§ 1. **Elektrische Anziehung und Abstossung.** Reibt man einen Glasstab mit einem Kautschuklappen oder einem mit Amalgam bestrichenen Lederlappen (das zu elektrischen Versuchen verwendete Amalgam besteht aus 2 Teilen Quecksilber, 1 Teil Zinn, 1 Teil Zink) und hält denselben über kleine trockene Kügelchen von Kork oder Holundermark, die auf dem Tische liegen, so bemerkt man, dass dieselben von dem Glasstabe angezogen und nach erfolgter Anziehung abgestossen werden, so dass sie lebhaft auf und ab tanzen. Die Anziehung und Abstossung, welche eine geriebene Glasstange auf kleine, leicht bewegliche Körper ausübt, kann man auch mittels des elektrischen Pendels zeigen: Eine Holundermarkkugel ist an einem Seidenfaden befestigt; wird derselben eine geriebene Glasstange genähert, so erfolgt Anziehung (Fig. 35) und dann Abstossung der Kugel (Fig. 36).

2. Beim Reiben des Glasstabes vernimmt man ein eigentümliches Knistern; im verdunkelten Zimmer bemerkt man einen blauen Lichtschimmer welcher dem reibenden Lappen folgt; nähert man dem geriebenen Glasstabe den Fingerknöchel, so sieht man ein Fünkchen auf den letzteren überspringen; bei lebhaftem Reiben macht sich ein eigentümlicher Geruch bemerkbar.

Jene der geriebenen Glasstange zukommende Eigenschaft, vermöge welcher sie leichte Körper anzieht, hier-

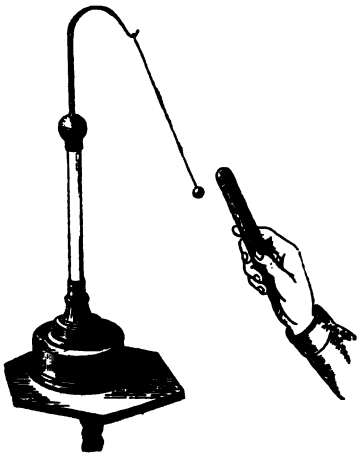


Fig. 35.

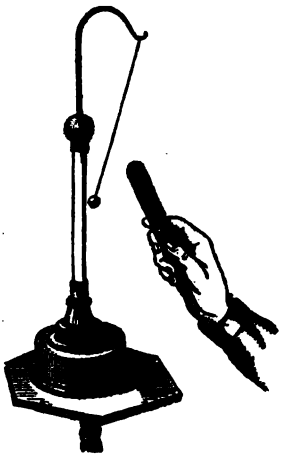


Fig. 36.

auf abstösst und die in 2. beschriebenen Phänomene zeigt, wird Elektrizität genannt (den Griechen [Thales von Milet 640 v. Chr.] war die Erscheinung der Anziehung und Abstossung von leichten Körpern zuerst am Bernstein [Elektron] aufgefallen); der geriebene Glasstab wird elektrisch gennant.

Dieselben Erscheinungen, welche ein geriebener Glasstab zeigt, kann man auch an einem mit einem Pelzlappen geriebenen Harzstabe hervorrufen. Alle Körper können durch Reiben elektrisch gemacht werden.

§ 2. **Mitteilung der Elektrizität. Gute und schlechte Leiter der Elektrizität.** Versuch: Nähert man der Kugel des elektrischen Pendels, welche vom geriebenen Glasstabe angezogen und nach erfolgter Anziehung abgestossen wurde, die Kugel eines zweiten elektrischen Pendels, so wird letztere von der ersten Kugel angezogen und abgestossen; die Kugel des ersten elektrischen Pendels hat also vom Glasstabe her jene Eigenschaft empfangen, vermöge welcher sie elektrisch erscheint. Man sagt, der Glasstab habe der ersten Kugel Elektrizität mitgeteilt.

Fig. 37.

Versuch: Hängt man (Fig. 37) an das an einem Seidenfaden befestigte Holundermarkkügelchen eine zweite Holundermarkkugel an einem feinen Metalldrahte oder einem Leinenfaden *a b* auf und teilt dem ersten Kügelchen durch Berührung mit einem geriebenen Glasstabe Elektrizität mit, so wird das zweite Kügelchen auch elektrisch erscheinen; es wird nämlich von dem Glasstabe abgestossen und zieht wieder die einem dritten elektrischen Pendel angehörende Kugel an und stösst dieselbe nach erfolgter Anziehung ab. Wiederholt man den Versuch in derselben Weise, nur mit dem Unterschiede, dass man die zweite Kugel an einen Seidenfaden *a b* hängt, so findet man diese Kugel unelektrisch, wenn auch der ersten Kugel Elektrizität mitgeteilt wurde. Im ersten Falle ist die Elektrizität von der Kugel *a* durch den Metalldraht oder den

Leinenfaden nach *b* übergegangen, die Elektrizität hat sich, wie man sagt, durch *a b* fortgepflanzt; im zweiten Falle konnte die Elektrizität von dem ersten Kügelchen durch den Seidenfaden nach *b* sich nicht verbreiten. Man teilt deshalb hinsichtlich der Fortpflanzungsfähigkeit der Elektrizität die Körper in gute Leiter (Konduktoren) und schlechte Leiter der Elektrizität ein.

Zu den guten Leitern der Elektrizität gehören die Metalle, Kohle, Wasser und wässerige Flüssigkeiten, feuchte Körper (der tierische Körper, feuchte Erde, feuchte Luft) u. a.; zu den schlechten Elektrizitätsleitern zählt man: Glas, Harz, Paraffin, Schellack, fette Körper, Seide, trockene Luft u. a.

Es gibt weder vollkommene Leiter der Elektrizität noch solche Körper, welche die Elektrizität absolut nicht leiten.

Der Widerstand, welcher sich in einem Körper der Fortpflanzung der Elektrizität entgegensetzt, heisst elektrischer Widerstand.

Wird ein guter Elektrizitätsleiter nur von schlechten Leitern umgeben, so sagt man, der gute Leiter sei isoliert, und zwar durch den schlechten Leiter, den man Isolator nennt.

Eine in der Hand gehaltene Metallstange wird durch Reiben nicht elektrisch, wird sie aber von einem Glasstabe isoliert getragen und gerieben, so erscheint sie elektrisch. Zur besseren Isolierung werden die Glasständer der elektrischen Apparate noch mit Schellack oder Paraffin überzogen.

§ 3. **Positive und negative Elektrizität.** Versuch:

Nimmt man zwei isolierte elektrische Pendel, macht das eine durch Berühren mit einer geriebenen Glasstange, das andere durch eine mit Pelz geriebene Harzstange elektrisch, so bemerkt man, dass die beiden Kügelchen, wenn sie in eine nicht grosse Distanz voneinander gebracht werden, sich anziehen. Macht man hingegen beide Kügelchen durch Berühren mit einem geriebenen Glasstabe oder beide durch Berühren mit der geriebenen Harzstange elektrisch, so werden die genäherten Kugeln einander abstossen.

Ein von der geriebenen Glasstange berührtes elektrisches Pendel wird von dieser abgestossen, von der geriebenen Harzstange angezogen; ein von der geriebenen Harzstange berührtes Kügelchen wird von dieser abgestossen, von der geriebenen Glasstange angezogen.

Die Elektrizität des geriebenen Glases ist also nicht gleichbedeutend mit der Elektrizität des geriebenen Harzstabes, da jeder dieser geriebenen Körper dasjenige Pendel anzieht, welches der andere abstösst. Die dem geriebenen Glasstabe zukommende Elektrizität wird Glaselektrizität, jene des Harzstabes Harzelektrizität genannt.

Es folgt also aus obigem der Satz: Die Träger gleichnamiger Elektrizitäten stossen sich ab; jene ungleichnamiger Elektrizitäten ziehen sich an. Statt dessen sagt man meistens: Gleichnamige Elektrizitäten stossen sich ab, ungleichnamige Elektrizitäten ziehen sich an.

Versuch: Macht man das eine elektrische Pendel mit dem geriebenen Glasstabe, das andere mit dem geriebenen Harzstabe ebenso stark elektrisch und bringt

sie so nahe, dass sie infolge der gegenseitigen Anziehung sich berühren, so wird nach der Berührung jedes dieser Pendel unelektrisch erscheinen.

Ungleichnamige Elektrizitäten, in gleicher Menge miteinander vereinigt, heben sich auf (Neutralisation der Elektrizität). Deshalb bezeichnet man die Glaselektrizität als +, die Harzelektrizität als — Elektrizität.

Wenn ein elektrisierter Körper, z. B. eine an einer isolierenden Handhabe befestigte Metallkugel, immer weiter und weiter von der ungleichnamig elektrisierten Kugel eines elektrischen Pendels gebracht wird, so wird die Ausweichung desselben aus der Vertikallage immer geringer; dies weist auf eine Verminderung der Anziehung mit zunehmender Entfernung hin. Ebenso bemerkt man, dass, wenn der Körper und die Kugel des elektrischen Pendels gleichnamig elektrisiert sind, die Abstossung der letzteren ebenfalls geringer wird, wenn man die Entfernung der aufeinanderwirkenden Körper vergrössert.

§ 4. **Elektroskop.** Durch den Hals einer Glasflasche (Fig. 38) geht isoliert ein Messingstab, der oben in eine Messingplatte *p* endet, unten zwei Goldblättchen (auch Strohhalme, Aluminiumdrähte, etc., werden dazu verwendet) trägt. Ein solcher Apparat wird Elektroskop genannt und dient zum Nachweis, ob und wie ein Körper elektrisch ist. Berührt man die Messingplatte des Elektroskopes mit einer geriebenen Glasstange, so bemerkt man, dass die beiden Goldblättchen sich voneinander entfernen (divergieren); die + Elektrizität des Glasstabes hat sich der Platte, dem Messingdrahte und

den beiden Goldblättchen mitgeteilt, welch letztere sich abstossen. Divergieren umgekehrt die Goldblättchen bei der Berührung mit einem Körper, so ist derselbe elektrisch. Um die Qualität der Elektrizität zu untersuchen, berührt man die Messingplatte mit einem geriebenen Glasstabe; wird die Divergenz der Goldblättchen grösser, so war der Körper + elektrisch; wird sie hingegen kleiner, so ist der die Messingplatte anfänglich berührende Körper — elektrisch.

Fig. 38.

Mittels eines Elektroskopes lässt sich nachweisen, dass der mit einem Kautschuklappen geriebene Glasstab + elektrisch, der Lappen — elektrisch ist; dass ferner der mit dem Pelze geriebene Harzstab — elektrisch, das Fell + elektrisch ist. Immer hat der reibende und der geriebene Körper entgegengesetzte Elektrizitäten. Bei diesem Versuche muss man dafür sorgen, dass der reibende Körper wohl isoliert ist.

Um den elektrischen Zustand eines Körpers zu untersuchen, bedient man sich einer Probenadel (einer Stecknadel, die bis zu ihrem Kopfe in ein Siegellack- oder Schellackstäbchen eingeschmolzen ist). Berührt man mit dem Knopfe die zu untersuchende Stelle und dann die Platte des Elektroskopes, so erfährt man nach dem obigen die Elektrizitätsqualität der berührten Stelle.

§ 5. **Sitz der Elektrizität. Elektrische Spannung.** Versuch: Man klebt an das Drahtnetz N (Fig. 39),

welches auf einer isolierten Metallplatte P aufsteht, sowohl aussen als auch auf der Innenseite des Drahtnetzes Streifen aus Blattgold, stellt ferner auf die Metallplatte innerhalb des Drahtnetzes ein Metallsäulchen, an welchem an einem dünnen Drahte eine Holundermarkkugel herabhängt. Führt man der Metallplatte Elektrizität zu, so wird beim Bedecken derselben durch das Drahtnetz nur ein Divergieren der Goldblättchen stattfinden, welche an der Aussenseite des Drahtnetzes befestigt sind, die inneren Goldblättchen sowie das Holundermarkpendelchen bleiben in Ruhe.

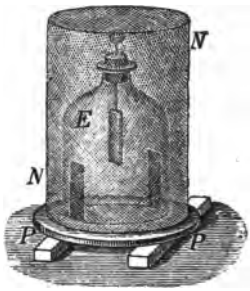


Fig. 39.

Aus dem erwähnten Versuche geht hervor, dass die Elektrizität sich nur an der Oberfläche der Konduktoren verbreitet.

Die Abstossung, welche gleichnamige Elektrizitäten aufeinander ausüben, ist der Grund, dass die Elektrizität eines geladenen Konduktors sich nicht im Innern, sondern nur auf der Oberfläche des letzteren ansammelt, und zwar an den Oberflächenstellen, welche stärker gekrümmt sind, in höherem Grade als an den Stellen von geringerer Krümmung.

Da die Elektrizität sich nur an der Oberfläche der guten Leiter verbreitet, so braucht man bei Apparaten, die zur Aufnahme von Elektrizität bestimmt sind, nur

die Oberfläche metallisch zu machen (Benützung von Stanniolbelegungen).

Aus dem Umstande, dass in dem obigen Versuche das Holundermarkpendel oder ein Elektroskop (Fig. 39) keine elektrischen Anzeigen gibt, wie stark auch immer das Netz geladen sein mag, schliessen wir, dass ein Körper im Innern eines guten Leiters von der Einwirkung eines ausserhalb befindlichen elektrischen Körpers geschützt ist.

Vermöge der Abstossung der gleichnamigen Elektrizitäten strebt die Elektrizität, sich von der Oberfläche der geladenen Körper zu entfernen; dieses Bestreben nennt man die elektrische Spannung; sie ist an Oberflächenstellen von starker Krümmung eine grosse, an wenig gekrümmten Stellen eine geringe. Durch die umgebenden Isolatoren, zu welchen auch trockene Luft zu rechnen ist, wird diesem Bestreben ein Widerstand geleistet, vermöge dessen die Elektrizität auf dem geladenen Körper festgehalten wird.

Apparate, bestimmt zur Ansammlung von Elektrizität, dürfen nicht mit Spitzen oder Kanten versehen werden wegen der auf denselben vorhandenen grossen elektrischen Spannung.

§ 6. **Elektrische Verteilung oder Influenz.** Versuch: Bringt man in die Nähe eines an den beiden Enden wohl abgerundeten Metallzylinders (Fig. 40), der an einem isolierenden Glasstabe vertikal befestigt ist und an welchem sich—wie die Figur zeigt—drei einfache Pendel befinden, von denen das oberste an einem kleinen Ebonitstäbchen befestigt ist und die so angeordnet sind,

dass die Holundermarkkugeln im Ruhezustande respektive am oberen Ende, in der Mitte und am unteren Ende des Metallstabes anliegen, eine elektrisierte Kugel, die ebenfalls an einer isolierenden Stütze befestigt ist, so entfernen sich die Pendelkugeln, mit Ausnahme der mittleren, vom Stabe. Durch das Nähern der elektrisierten Kugel wird also in dem Metallzylinder durch eine Fernwirkung, welche wir Influenz oder verteilende Wirkung der Elektrizität nennen,

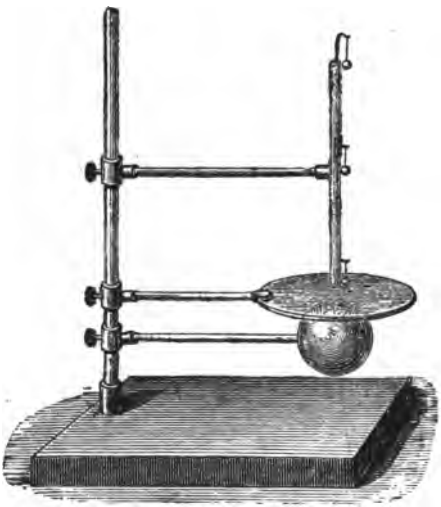


Fig. 40.

Elektrizität hervorgerufen; die verschiedene Divergenz der Pendelkugeln beweist, dass die influenzierte Elektrizität an den verschiedenen Stellen verschieden stark ist, und zwar an den beiden Enden des Zylinders am stärksten hervortritt, gegen die Mitte immer mehr und mehr abnimmt; in der Mitte selbst (Indifferenzzone) gibt sich kein elektrischer Zustand nach aussen kund.

Stellt man zwischen der elektrischen Kugel und dem

Metallstabe eine Glasplatte auf, so wirkt die Kugel auf den Messingzylinder dennoch influenzierend ein.

Versuch: Ist die Kugel + elektrisch, so wird ein dem unteren Stabende genähertes + elektrisches Pendelchen angezogen, ein ebenso elektrisches Pendel vom oberen Ende des Stabes abgestossen; das + elektrische Pendel wird auf der ganzen unteren Hälfte angezogen, auf der anderen Hälfte abgestossen. Es erhält also die der Kugel zugewendete Zylinderhälfte die entgegengesetzte Elektrizität, die abgewendete Hälfte die gleichnamige Elektrizität, wie sie die influenzierende Kugel besitzt.

Versuch: Wird die influenzierende Kugel vom Zylinder entfernt, so fallen sämtliche Pendel zurück, was beweist, dass der Zylinder wieder in den unelektrischen Zustand zurückgekehrt ist.

Versuch: Wiederholt man den ersten Versuch und bringt den Metallzylinder mit der Erde dadurch in leitende Verbindung, dass man ihn berührt, so findet man, dass das Pendel am oberen Ende zurückfällt, an dem der Kugel zugewendeten Ende hingegen noch stärker divergiert. Hebt man die leitende Verbindung des Zylinders mit der Erde auf und entfernt dann die influenzierende Kugel, so werden alle Pendel divergieren, und zwar ist jetzt—wie die Untersuchung mit einem genäherten elektrischen Pendel lehrt—der ganze Metallzylinder negativ elektrisch, wenn die Kugel positiv elektrisch ist. In ähnlicher Weise kann der Zylinder mit positiver Elektrizität geladen werden, wenn die influenzierende Kugel negative Elektrizität hatte. Dieser Versuch lehrt, dass die durch Influenz entwickelte Elek-

trizität, welche der des influenzierenden Körpers gleichnamig ist, durch die leitende Verbindung des Zylinders mit der Erde abgeleitet wird, die ungleichnamige Elektrizität hingegen auf dem Zylinder festgehalten wird. Es kann durch Influenz ein Leiter bleibend elektrisch gemacht werden.

Erklärung der Influenzerscheinungen. Man stellt sich vor, dass jeder unelektrische Körper positive und negative Elektrizität in gleicher Menge derart enthält, dass sich die Wirkungen dieser beiden Elektrizitäten nach aussen aufheben; wird nun einem guten Leiter der Elektrizität ein elektrisierter Körper genähert, so wird in dem ersteren das elektrische Gleichgewicht gestört; es wird die ungleichnamige Elektrizität in das dem elektrisierten Körper nahe gelegene Ende des Leiters angezogen, die gleichnamige Elektrizität in das entfernte Ende abgestossen. Die ungleichnamige Elektrizität wird durch den schlechten Leiter hindurch, der sich zwischen dem Induzenten und dem guten Leiter befindet, festgehalten, sie heisst deshalb auch gebundene oder latente Elektrizität; die gleichnamige Elektrizität, welche am entfernteren Ende des guten Leiters sich befindet, kann durch einen Elektrizitätsleiter abfliessen, sie heisst freie Elektrizität.

§ 7. Spitzenwirkung.

Versuch: Nähert man einem mit Elektrizität geladenen Konduktor eine mit der Erde leitend verbundene Metallspitze, so findet man schon nach kurzer Zeit, dass der Konduktor seine Elektrizität verloren hat; die Elektrizität des Konduktors hat nämlich die Elektrizität der

Spitze verteilt, die ungleichnamige in die Spitze gezogen, die gleichnamige in die Erde abgestossen; die erstere strömt wegen der grossen Spannung, die sie in der Spitze erlangt, gegen den Konduktor und neutralisiert die auf demselben befindliche ungleichnamige Elektrizität. (Spitzenwirkung.)

Alle Konduktoren, welche Elektrizität behalten sollen, müssen gut abgerundet sein. Eine Flamme wirkt ebenfalls wie eine Spitze und entladet einen elektrisierten Körper. Merkwürdig sind auch die Lichterscheinungen, welche man bei der Spitzenwirkung im Dunkeln beobachtet: Strömt + Elektrizität aus einer Spitze, so bemerkt man ein ästiges Büschel, strömt — Elektrizität aus der Spitze, so zeigt sich an derselben ein leuchtender Stern.

Der Vorgang der gewaltsamen Vereinigung zweier entgegengesetzter Elektrizitäten wird Entladungsschlag genannt. Die grösste Entfernung, bis zu welcher der Funken überspringt, heisst die Schlagweite.

Apparate zur Erzeugung und Ansammlung grösserer Elektrizitätsmengen.

Zu den Apparaten, welche zur Erzeugung grösserer Elektrizitätsmengen dienen, gehören der Elektrophor und die Elektrisiermaschinen.

§ 8. Der Elektrophor besteht aus einer in eine metallene Form (Fig. 41) gegossenen, kreisförmigen Harzscheibe (häufig wendet man auch eine kreisrunde Ebonit- [Hartgummi-] Platte an), auf welche eine überall wohl abgerundete Metallscheibe isolierend mittels eines

Glasgriffes oder mittels Seidenschnüren aufgesetzt werden kann; die Harzscheibe wird der Kuchen, der Metalldeckel der Schild des Elektrophors genannt.

Versuch: Reibt oder peitscht man den Kuchen mit einem Fuchsschwanze oder einem anderen Felle, so erlangt er negative Elektrizität, welche auf die ± Elektrizität des Schildes influenzierend wirkt, die + Elektrizität desselben in dessen unteren Teil zieht, die — Elektrizität in den oberen Teil abstösst. Wird die Oberfläche des Schildes mit dem Finger berührt, so wird die—Elektrizität in die Erde abgeleitet und der Schild erscheint + elektrisch, wenn er mit dem isolierenden Handgriffe aufgehoben wird; nähert man ihm jetzt den Fingerknöchel, so springt ein Funken über.

Fig. 41.

Dass die negative Elektrizität des Kuchens und die positive Elektrizität des Deckels beim Aufliegen des letzteren sich nicht ausgleichen, rührt davon her, dass der Deckel nur in wenigen Punkten den Kuchen berührt und dem ersteren nur eine sehr geringe Menge negativer Elektrizität mitgeteilt wird, welche gegen die influenzierte positive Elektrizitätsmenge äusserst gering ist.

Der Harzkuchen behält seine Elektrizität eine Zeitlang, wenn der Schild aufliegt (Tenazität des Kuchens); diese Eigenschaft ist den Umständen zuzuschreiben, dass die Oberfläche des Kuchens eben ist und aus einer ebenen Oberfläche die Elektrizität nur schwer sich entfernt, dass ferner beim Aufliegen des Deckels die Elektrizität zerstreuende Luft nicht wirken kann, dass weiter die in der metallischen Form ebenfalls durch Influenz entstandene + Elektrizität auf die — Elektrizität des Kuchens bindend wirkt.

§ 9. **Elektrisiermaschinen.** Apparate, mittels welcher man Elektrizität in grösseren Mengen erzeugen kann, heissen im allgemeinen Elektrisiermaschinen. Die Hauptbestandteile der noch vielfach im Gebrauche stehenden Elektrisiermaschine (Fig. 42) sind: 1. Der geriebene Körper, nämlich eine glattgeschliffene Scheibe aus hartem Spiegelglas S, welche an einer gläsernen, isolierenden, horizontalen Achse befestigt ist und mittels einer Kurbel gedreht werden kann; 2. das Reibzeug H, bestehend aus zwei Lederkissen, die durch Federn an die Glasscheibe gedrückt werden und mit dem Kien-

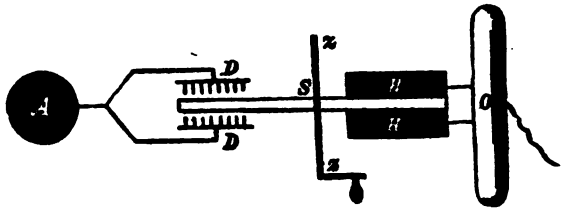


Fig. 42.

mayerschen Amalgam bestrichen sind; 3. der aus einer hohlen Metallkugel bestehende Konduktor A zum Aufnehmen der + Elektrizität, der sogenannte positive Konduktor, welcher isoliert aufgestellt ist und mit zwei Ringen D leitend verbunden ist, zwischen welchen die Glasscheibe bewegt wird; die Innenseiten dieser Ringe sind mit einer mit Stanniol belegten Rinne versehen, aus welcher eine Reihe feiner, gegen die Scheibe gerichteter Metallspitzen hervorragen; 4. der Konduktor O zum Aufsammeln der — Elektrizität des Reibzeuges, der negative Konduktor, welcher, ebenfalls isoliert aufgestellt, mit dem Reibzeuge in leitende Verbindung gesetzt wird und meist aus einem gut abgerundeten Messinghohlzylinder besteht.

Bevor man die Elektrisiermaschine in Wirksamkeit setzt, werden sowohl die Glasscheibe als auch die Glasträger der einzelnen Bestandteile mit einem erwärmten Wolltuche gut abgerieben und der negative Konduktor mit der Erde durch eine Kette leitend verbunden. Bei der Drehung der Glasscheibe und durch die damit verbundene Reibung wird die Scheibe + elektrisch; damit die entstandene + Elektrizität nicht an die Luft abgegeben werde, bevor sie in die Nähe der Spitzen gelangt, sind an den Kissen des Reibzeuges isolierende Stücke von Wachstaffet angebracht, welche von beiden Seiten einen Teil der Glasscheibe bedecken; die durch Reibung erzeugte + Elektrizität zieht aus den gegenüberliegenden Spitzen die — Elektrizität an, vereinigt sich mit dieser und treibt die + Elektrizität in den positiven Konduktor. Will man die an dem Reibkissen beim

Drehen der Glasscheibe entwickelte — Elektrizität ansammeln, so stellt man eine Verbindung des positiven Konduktors mit der Erde her; es sammelt sich auf dem Messinghohlzylinder dann — Elektrizität an.

Um starke Funken aus dem Konduktor zu ziehen, benützt man einen sogenannten Funkenzieher, welcher aus zwei unter einem stumpfen Winkel gebogenen Metallstäben besteht, welche in Kugeln enden; die eine von diesen stellt man dem positiven Konduktor nahe, die andere verbindet man durch eine Metallkette mit dem negativen Konduktor; es springt zwischen Konduktor und der gegenüberstehenden Kugel ein lebhafter elektrischer Funken über.

Verbindet man den positiven und den negativen Konduktor mit je einer Kugel des Funkenziehers, so entsteht eine entgegengesetzt gerichtete Bewegung der beiden Elektrizitäten, welche man elektrischen Strom nennt; der elektrische Strom ist eigentlich ein Doppelstrom, indem die positive Elektrizität vom positiven zum negativen Konduktor geht, die negative Elektrizität den umgekehrten Weg einschlägt; spricht man vom elektrischen Strome schlechtweg, so versteht man darunter immer den positiven Strom. Durch den elektrischen Strom werden die Elektrizitäten der ungleichnamigen Konduktoren vollständig mit einander vereinigt und die Konduktoren gehen—falls sie ursprünglich gleiche Mengen entgegengesetzter Elektrizitäten besassen—in den neutralen Zustand über.

Die Bewegung der beiden Elektrizitäten geschieht mit einer grossen Geschwindigkeit; so beträgt die Ge-

schwindigkeit der Elektrizität in Eisendrähten gegen 262500 *km*.

§10. **Versuche mit der Elektrisiermaschine.**

1. Zur Demonstration der elektrischen Anziehung und Abstossung. Der Korkkugeltanz: In einem Glasgefässe mit metallenem Deckel und Boden befinden sich Kork- oder Holundermarkkugeln; wird der Deckel mit dem Konduktor leitend verbunden, der Boden abgeleitet, so tanzen die Kugeln auf und ab. Leichte Papierstreifen werden mittels eines gemeinschaftlichen Stieles auf dem Konduktor der Elektrisiermaschine aufgesetzt; wird die Scheibe gedreht, so stellen sich die Streifen wie ein Schirm auseinander. Die Haare eines Menschen, welcher auf einem Isolierschemel steht und mit der Hand den Konduktor berührt, sträuben sich. In der Nähe eines Konduktors hat man ein Gefühl, als ob man in Spinnweben geraten wäre. Setzt man auf den Konduktor einer Elektrisiermaschine (Fig. 43) eine Spitze auf und bringt derselben eine Kerzenflamme gegenüber, so wird sie umgelegt oder sogar ausgeblasen; es werden nämlich infolge der grossen Spannung der Elektrizität in der Spitze die dieselbe umgebenden elektrisch gewordenen Luftteilchen abgestossen (elektrischer Wind). Elektrisches Flugrädchen. Elektrisches Glockenspiel.

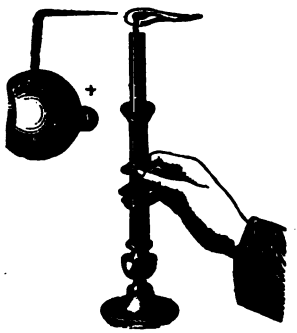


Fig. 43.

Mittels des elektrischen Funkens wird Papier, Glas etc. durchbohrt; das durchbohrte Papier zeigt auf beiden Seiten aufgeworfene Stellen (Lullins Versuch); diese Erscheinung rührt von der entgegengesetzten Bewegung der beiden Elektrizitäten her. Lässt man auf einen Harzkuchen oder ein mit Paraffin getränktes Blatt Schreibpapier, das man auf ein Blechstück legt, vom positiven Konduktor der Elektrisiermaschine Funken schlagen, bestreut den Kuchen oder das Papier mit Bärlappsamen, so bleiben nach dem Wegblasen des überflüssigen Pulvers an jenen Stellen, an welchen der Funken übersprang, verästelte Staubfiguren (Fig. 44); lässt man vom negativen Konduktor auf die Harzscheibe Funken überspringen, so entstehen nach demselben Vorgang rundliche Flecke. Ist das Pulver eine Mischung aus Schwefel und Mennige, so erscheinen die positiven Figuren gelb, die negativen rot, weil der Schwefel durch Reibung negativ, Mennige hingegen positiv elektrisch wird (Lichtenbergsche Staubfiguren).

Fig. 44.

2. Wärmewirkungen. Die Wärme des elektrischen Funkens zeigt sich darin, dass leicht entzündliche Körper, z. B. erwärmter Weingeist, Schwefeläther, Knallgas, u. s. w. entzündet werden (elektrische Pistole und Kanone).

3. Lichtwirkungen. Zu den Lichterscheinungen gehört der schon früher besprochene elektrische Funken, der die Vereinigung der ungleichnamigen Elektrizitäten durch die Luft darstellt; seine Farbe ist abhängig von

dem Metalle der Leiter, zwischen welchen er überspringt, und von der Beschaffenheit des Gases, durch welches der Funken geht (in verdünnter Luft ist der Funken bläulichweiss, in Wasserstoff hochrot, in Kohlensäure grün). Durch die Vereinigung der beiden Elektrizitäten werden von den Metalleitern, zwischen welchen der Funken übergeht, Teilchen losgerissen, welche sowie das zwischen den Leitern befindliche Gas erglühen und die Farbe des elektrischen Funkens bedingen. Die Dauer des elektrischen Funkens ist jedenfalls eine sehr kleine; werden sehr rasch bewegte Körper von ihm im Dunkeln erleuchtet, so scheinen die ersteren zu ruhen. Blitzröhre, Blitztafel, leuchtender Name. Wird aus einem eiförmigen Glasgefässe die Luft möglichst verdünnt und führt man in die Scheitel dieses Gefässes zwei leitend nach aussen führende Metallkugeln ein, so entstehen, wenn man die eine Kugel mit dem +, die andere mit dem — Konduktor verbindet, Lichtgarben von violetter Farbe (elektrisches Ei [Fig. 45] —Geisslersche Röhren). Springt vom Konduktor ein kurzer Funken über, so ist derselbe geradlinig; sind die Funken länger, so haben sie Zickzackform und es sprühen von den Scheiteln dieser gebrochenen Linie Funkenäste aus; ausser diesen Linienfunken gibt es noch zwei andere leuchtende Entladungen der Elektrizitäten, das Büschellicht, wie im elektrischen Ei,

Fig. 45.

oder wie man es erhält, wenn die Entladung von einem abgerundeten Drahte ausgeht, der auf den Konduktor gesetzt wird, und das Glimmlicht, das einen leuchtenden Stern darstellt und durch das Ausströmen der Elektrizität aus einer Spitze des Konduktors entsteht.

4. Chemische Wirkungen. In der Nähe einer in Wirksamkeit sich befindenden Elektrisiermaschine verspürt man einen eigentümlichen Geruch, welcher durch die Veränderung des Sauerstoffes der atmosphärischen Luft, welche derselbe durch den durchgehenden elektrischen Funken erleidet, bewirkt wird. Derartig veränderter Sauerstoff heisst Ozon; derselbe hat eine grössere Oxydationsfähigkeit als der gewöhnliche Sauerstoff und die Fähigkeit, organische Stoffe zu bleichen.

5. Magnetische Wirkungen. Führt man die Entladung, die durch Einschalten einer feuchten Schnur bewirkt wird, über eine Deklinationsnadel weg, so wird diese aus ihrer Ruhelage, dem magnetischen Meridiane, abgelenkt; durch die elektrische Entladung kann eine Stahlnadel magnetisiert werden.

6. Physiologische Wirkungen. Wird dem Konduktor der Fingerknöchel genähert, so wird jedesmal ein stechender Schmerz empfunden, so oft ein Funken überspringt. Einem Menschen, der auf einem Isolierschemel steht, kann man Funken entlocken, wobei der Mensch an der betreffenden Stelle Schmerz verspürt.

§ 11. **Verstärkungsapparate.** Zu den Verstärkungsapparaten gehört die Franklinsche Tafel, die in anderer Gestalt Leydener Flasche genannt wird.

Die Franklinsche Tafel ist eine auf einem Stativ

(Fig. 46 und 47) vertikal und isoliert aufgestellte viereckige Glasplatte, welche zu beiden Seiten mit Stanniol überklebt ist, das vom Rande der Glastafel etwa 6 *cm* absteht. Der vom Stanniol freigelassene Teil der Glasplatte ist mit Schellack oder aufgelöstem Siegellack wohl isoliert.

Fig. 46.

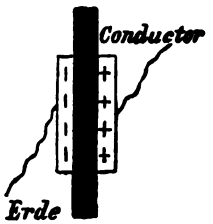


Fig. 47.

Wird die eine Belegung mit einem Konduktor einer Elektrisiermaschine verbunden, so strömt vom letzteren + Elektrizität über; wäre die andere Belegung nicht vorhanden, so würde dieses Strömen aufhören, wenn die Spannung der Elektrizität des Konduktors und der Belegung dieselbe wäre; bei Anwesenheit der zweiten Belegung wirkt aber die + *e* der ersten influenzierend auf die ± *e* der hinteren Belegung; die — *e* derselben wird angezogen; die + *e* wird abgestossen und durch eine Metallkette, welche an dieser Belegung angebracht ist, in den Boden abgeleitet; die — *e* der hinteren Belegung wirkt bindend auf die + *e* der vorderen Belegung, wodurch es möglich wird, dass auf die letztere neuerdings + *e* vom Konduktor überströmen kann, welche wieder influenzierend auf die zweite Belegung wirkt; die — *e* der letzteren bindet abermals einen Teil der + *e* der ersten Belegung, auf welche vom Konduktor jetzt neuerdings + *e* zuströmt.

Dieser Vorgang wiederholt sich, bis die Spannung der freien Elektrizität an der ersten Belegung der an dem Konduktor gleich ist. Am Schlusse der Ladung ist also die eine Belegung mit + Elektrizität, die andere mit — Elektrizität versehen. Werden die beiden Belegungen durch einen Metalldraht miteinander verbunden, so strömt die + Elektrizität von der ersten Belegung zur zweiten, die — Elektrizität von der zweiten Belegung zur ersten durch den metallischen Leiter, welcher Schliessungsbogen genannt wird.

Da bei der Entladung einer Franklinschen Tafel durch den menschlichen Körper bei stärkerer Ladung heftige physiologische Wirkungen entstehen und Gefahr bringen können, so bedient man sich des Ausladers (Fig. 48), welcher aus zwei mit Kugeln versehenen Messingdrähten besteht, die mittels eines Scharniers weiter und enger gestellt werden können, und aus zwei isolierenden Handgriffen.

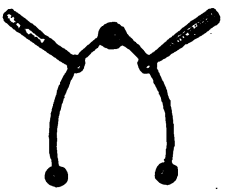


Fig. 48.

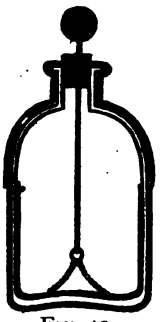


Fig. 49.

Die Leydener Flasche (Fig. 49) ist eine bequemere Form der Franklinschen Tafel; sie besteht aus einem Glasgefäss (zylindrisch oder flaschenförmig), das bis ungefähr ⅔ seiner Höhe innen und aussen mit Stanniol belegt ist; die äussere Belegung wird mit der Erde ableitend verbunden, die

innere Belegung ist mit einem oben in eine Metallkugel übergehenden Messingstab verbunden, welcher an den Konduktor einer Elektrisiermaschine gehalten wird. Die Ladung der Leydener Flasche geschieht in derselben Weise wie die der Franklinschen Tafel. Die Ladung der Flasche kann eine Verstärkung erfahren, wenn man dieselbe vergrössert; die beste Ladung erzielt man mit der elektrischen Batterie, welche eine Verbindung mehrerer Leydener Flaschen darstellt, und zwar in der Art, dass alle Metallkugeln unter sich und alle äusseren Belegungen unter sich leitend verbunden sind.

Versuche mit der Leydener Flasche wie mit der Elektrisiermaschine; die Wirkungen mit der ersteren sind wegen der grossen angehäuften Elektrizitätsmengen intensiver.

§ 12. **Atmosphärische Elektrizität.** Franklin liess im Jahre 1752, als ein Gewitter drohte, in der Nähe von Philadelphia einen grossen Drachen, der mit Seidenzeug überzogen und mit einer Metallspitze versehen war, an einer Hanfschnur, an deren unterem Ende ein Stahlschlüssel befestigt war, in die Höhe steigen; anfänglich zeigte sich keine Elektrizität; als aber der Regen die Schnur befeuchtete, konnte Franklin mittels des Fingerknöchels aus dem Stahlschlüssel kräftige Funken ziehen. Dieser Versuch zeigt die elektrische Natur des Gewitters.

Ist eine Wolke +, die andere — elektrisch, so entstehen zwischen beiden Entladungsblitze. Ist die zweite Wolke oder ein benachbarter Gegenstand auf der Erde

unelektrisch, so zieht eine + elektrische Wolke die — Elektrizität der zweiten Wolke oder des benachbarten Gegenstandes an und stösst die + Elektrizität ab; die durch Influenz entstandene — Elektrizität und die + der Wolke gleichen sich in Gestalt des Blitzes aus. Findet eine Entladung zwischen einer Wolke und der Erde statt, so nennt man das dabei eintretende Phänomen Einschlagen. Der Donner entsteht mit dem Blitze zwar gleichzeitig, wird aber um einige Zeit später gehört, was von der verschiedenen Fortpflanzung des Lichtes und des Schalles herrührt. Der Donner verdankt seine Entstehung der gewaltigen Durchbrechung und Erschütterung der Luft; die Intensität und Qualität des Donners ist verschieden und von mannigfaltigen Umständen abhängig.

Die Wirkungen des Blitzes gleichen denjenigen einer Leydener Batterie, treten aber in sehr verstärktem Masse auf; der Blitz schlägt gern in hohe Gegenstände (Gebäude, Türme, etc.) und folgt metallischen Leitern, welche öfter geschmolzen werden; schlägt der Blitz in Sandflächen ein, so werden die Sandteilchen geschmolzen und es entstehen die an manchen Orten Norddeutschlands häufiger vorkommenden Blitzröhren. Bei Verzögerung des Blitzes durch schlechte Leiter kommt seine erwärmende Kraft zur Geltung, er zündet. Ein nicht zündender Blitz heisst ein kalter Schlag. Weiches Eisen und Stahlstücke werden durch den Blitz manchmal magnetisiert; in der Nähe einer vom Blitze getroffenen Stelle nimmt man auch Ozongeruch wahr; die physiologischen Wirkungen des Blitzschlages sind

sehr heftig (Bewusstlosigkeit, die vorübergehend ist, aber auch Lähmung oder augenblicklicher Tod).

§ 13. **Blitzableiter.** Um die schädliche Wirkung des Blitzschlages zu verhindern und von vornherein die starke Spannung der Wolkenelektrizität über einem Gebäude hintanzuhalten, wurde von Franklin der Blitzableiter (1752) erfunden, in Europa zuerst von dem Pfarrer Divisch in Mähren (1754) ausgeführt. Er besteht aus zwei Teilen: 1. Der eisernen Auffangsstange, welche vertikal auf dem höchsten Punkte des zu schützenden Gebäudes aufgestellt wird und stark im Durchmesser sein muss, um nicht vom Blitze geschmolzen zu werden; diese Stange geht in eine vergoldete oder ganz aus Platin verfertigte Spitze aus, weil Gold und Platin dem Einflusse der Witterung am meisten widerstehen; 2. der Leitung, welche sich vom unteren Ende der Auffangsstange über das Gebäude weg bis zur Erde erstreckt.

Die Leitung besteht aus starkem Drahtseile von verzinktem Eisendraht und wird gewöhnlich zu einem bis zum Grundwasser gegrabenen Bohrloche geführt, wo sie in eine Metallplatte übergeht. Die Leitung darf an keiner Stelle unterbrochen sein.

Die Wirkung des Blitzableiters beruht auf der früher besprochenen Wirkung der Spitzen.

NOTES.

As the book is intended for second or better third year men the notes are few in number and contain no grammatical references.

Word-lists, including the new and important words on each page of text, are printed with the notes. It is intended that the student shall learn these words by heart and thus make them a part of his active vocabulary.

NOTES.

Page 5. 4. **im allgemeinen,** in general, generally.

5. **die sinnlich wahrnehmbaren Dinge,** things (which are) perceptible through our senses. When the attributive adjective has a verbal force the order of translation is 1) article, 2) noun, 3) adjective, 4) modifiers. Often such a passage may best be rendered by a relative clause.

6-7. **ein von Stoff oder Materie erfüllter Raum,** a space (which is) filled with material or matter. The order of translation outlined in the preceding note applies as well when the present or past participle is used as an attributive adjective. See also next note.

9. **die uns umgebenden Dinge,** the things which surround us or surrounding things. The three constructions noted above may all be brought under the head of so-called participial constructions characteristic of scientific German. The simplest "rule of thumb" for solving such puzzles is 1) find the article, if there is one, introducing the phrase; 2) find the noun which governs the article; 3) by means of the endings trace out the adjectives, verbal or otherwise, modifying the noun; 4) trace out the adverbs or adverbial phrases modifying the adjective; 5) translate according to the note on line 5.

10. The hyphens indicate that **Sinn** is to be taken in turn with each hyphenated word. Thus, **Gesichtssinn,** etc.

Word-list: **der Sinn, die Kenntnis, die Umgebung, die Aussenwelt, der Vermittler, wahrnehmen, der Gesichtssinn, der Gehörssinn, der Tastsinn, der Geschmackssinn, der Geruchssinn, im allgemeinen, wirken, die Entladung, der Umstand.**

Page 6. 5. **welche sich....beziehen lassen,** which can be referred to three main directions. **Lassen,** used reflexively, is commonly a substitute for the passive voice, often to be translated by can or may + passive.

9. **Ist dieselbe ganz unregelmässig,** If it is entirely irregular. Inversion at the beginning of the sentence means 1) condition; 2) question; 3) imperative. Inversion as substitute for a conditional sentence is common in scientific German.

14. **u. a.** read **und andere.**

18. **muss....zu Grunde gelegt werden,** must be taken as a starting-point.

29. **Ein mit der Öffnung abwärts gekehrtes Glas,** a glass with the opening turned downward. See notes, page 5.

Word-list: **die Ausdehnung, der Raum, bestimmen, zusammensetzen, das Längenmass, das Flächenmass, das Hohlmass, der Würfel, die Undurchdringlichkeit, die Einheit.**

Page 7. 4-5. **Ein in einem unten geschlossenen Glaszylinder luftdicht anschliessender beweglicher Kolben,** a movable piston which fits air-tight into a glass cylinder closed at the bottom. See p. 5.

6. **lässt sich niemals....drücken,** can never be forced. Cf. p. 6, 5.

16. **u. dgl.** read **und dergleichen.**

25. **Skaphander,** diving-suit.

Word-list: **eintauchen, luftdicht, der Kolben, das Gefäss, die Erscheinung, die Eigenschaft, der Versuch, die Teilbarkeit, bezeichnen, zerlegen.**

Page 8. 11. **Wollaston,** William Hyde Wollaston, English naturalist and philosopher, 1766-1828.

12. $\frac{1}{1200}$, read **ein Zwölfhundertstel.**

Word-list: **der Farbstoff, der Riechstoff, herstellen, ent-**

ziehen, die Abnahme, der Draht, die Beobachtung, der Widerstand, der Zusammenhang, die Trennung, die Verschiebung.

Page 9. 3-5. **wenn es sich....handelt,** when it is a question of.

6. **es entfernen sich ihre Teilchen,** their particles recede. Do not translate **"es"** as it is merely introductory. In certain cases **"es"** may be translated by "there" when beginning the sentence. Generally it is better to begin the sentence with the logical subject.

Word-list: **bedeutend, die Ausdehnsamkeit, luftförmig, die Beziehung, flüssig, selbständig, die Gestalt, fest, annehmen, die Spannkraft, ausüben, der Druck, vorkommen.**

Page 10. 8. **die letztere,** object of **entzieht,** line 6.

18. **Befestigt man,** inversion for condition.

Word-list: **der Aggregatzustand, die Schwerkraft, lotrecht, wagrecht, die Richtung, die Ursache, zukommen, die Kohlensäure, angeben, der Faden, das Bleilot, spannen.**

Page 11. 25. **die nahe aneinander liegenden Orten entsprechenden Lote,** the perpendiculars corresponding to neighboring places.

Word-list: **die Wasserfläche, der Schenkel, der Winkel, die Ebene, die Gerade, der Gegenstand, die Setzwage, senkrecht, der Kugelmittelpunkt, die Flaumfeder, gelangen.**

Page 12. 16-17. **deshalb,** connect with **weil,** line 18.

Word-list: **die Glasröhre, entfernen, schieben, das Gewicht, die Dichte, bewegen, die Unterlage, anziehen, die Anziehung, die Schwere, der Körper.**

Page 13. 11. **der zu wägende Körper,** the body which is to be weighed. The gerundive construction, consisting of the present participle of a transitive verb, preceded by **zu,** used as an attributive adjective, is usually best translated by the passive of the verb + some form of to be.

14. **4° C.** read **vier Grad Celsius.**

Word-list: **das Verhältnis, der Rückschluss, mittels, die Gewichtseinheit, der Zug, die Wage, die Breite, die Seehöhe, der Zusatz, abhangen, lagern.**

Page 14. 1-5. **Bei jedem Körper hat man....ins Auge zu fassen,** In every body we must consider.

4. **als die wir 1 cm³ annehmen wollen,** as which we will take one cubic centimeter. **ist** is predicate of **welches.**

13-14. **7 Gramm × 20=140 Gramm,** read **sieben Gramm mal zwanzig macht hundert vierzig Gramm** (or) **7 Gramm multipliziert mit 20 gibt (macht) (ist) 140 g.**

Word-list: **eigentümlich, das Blei, die Rücksichtnahme, der Rauminhalt, wiegen, berechnen, betrachten, sich vorstellen, das Eisen.**

Page 15. 2. **nach dem Vorstehenden,** according to the above (statement).

13. **luftleer,** construe with **macht,** line 10.

20. **grösser geworden um das Gewicht....,** increased by the weight. Measure of difference expressed by **um.**

Word-list: **das Wasservolumen, dividieren, unterscheiden, der Ausspruch, der Luftdruck, der Hahn, luftleer, der Ballon, die Wageschale, das Gleichgewicht, zudecken, umdrehen, verhindern, verdanken.**

Page 16. 5. Read the dash **bis,** i.e., **zehn bis zwölf.**

Word-list: **die Entstehung, betragen, der Erdball, das Meer, der Grund, das Blatt, die Flüssigkeit.**

Page 17. 16. **einem solchen, von tieferer Temperatur,** one of lower temperature.

Word-list: **die Lehre, die Wärme, die Empfindung, die Wärmemenge, besitzen, das Gefühl, hervorrufen, abgeben, die Mitteilung, die Bestimmung, je nachdem.**

Page 18. 12. **noch gerade**, just.

Word-list: **fehlen, niedrig, der Wärmegrad, erscheinen, zuerst, lau, die Veränderung, die Messingkugel, erwärmen.**

Page 19. 5. **erwärmt**, construe with **wird**, line 2.

11. **Wärmequelle**, object of **stellt**, line 8.

27. **einer höheren Temperatur**, dative, dependent upon **entsprechen.**

Word-list: **der Zustand, abkühlen, der Korkpfropf, die Blase, eintreten, die Ausnahme, entsprechen, benutzen, zusammenziehen.**

Page 20. 12-13. **eine überall gleich weite Glasröhre**, a glass tube of uniform thickness.

Word-list: **die Wahrnehmung, beurteilen, schätzen, verwenden, die Erweiterung, die Röhre, die Mündung, das Quecksilber, zuschmelzen, die Spitze.**

Page 21. 28. **in ein eigens hierzu konstruiertes Gefäss**, into a receptacle purposely constructed for this, into a specially constructed vessel.

Word-list: **der Punkt, der Abstand, der Schmelzpunkt, der Zustand, der Siedepunkt, wählen, die Zusammenziehung, der Stand, solange, der Dampf.**

Page 22. 3. **Celsius**, Anders Celsius, Swedish astronomer, 1701-1744.

13. **Reaumur**, René Antoine Ferchault de Réaumur, French natural philosopher and inventor, 1683-1757. The Reaumur thermometer is in common use in Germany much as the Fahrenheit is used in America.

14. **Fahrenheit**, Gabriel Dominik Fahrenheit, German physicist, 1686-1736.

19. Read **ein Grad Celsius ist gleich vier Fünfteln Grad Reaumur**, etc.

Word-list: **der Fundamentalabstand, der Teilstrich, die Zahl, der Nullpunkt, die Länge, ansetzen, der Eispunkt.**

Page 23. 2. **mit Vorteil,** advantageously.

3-4. **bei hohem Perzentgehalte,** at a high percentage.

10. **in Anwendung bringen,** make use of.

Word-list: **der Vorteil, das Weingeistthermometer, der Weingeist, die Anwendung, der Stab, untersuchen, das Öl, der Trog, die Widerlage, der Zeiger, die Teilung.**

Page 24. 8. 1. = **erstens**; line 13, 2. = **zweitens**; line 17, 3. = **drittens.**

9. 0° C., read **Null Grad Celsius.**

21-24. **Auf die Ausdehnung....ist....Rücksicht zu nehmen,** attention must be paid to the expansion, etc.

Word-list: **die Anzahl, der Grad, links, rechts, die Verlängerung, sich verhalten, der Eisenstab, der Messingstab, der Kupferstab, die Eisenbahnschiene, die Brücke, das Baugerippe, die Stange.**

Page 25. 17. **Man fülle eine Kochflasche,** fill a flask. Subjunctive for mild imperative. See also lines 18 and 20.

18. **bis oben an,** to the top.

Word-list: **erfahren, die Volumsvergrösserung, die Wirklichkeit, der Fall, die Kochflasche, abnehmen, steigen, erreichen.**

Page 26. 5. 0·99987, read **neun und neunzig tausend neun hundert sieben und achtzig hunderttausendstel** or **Null Punkt neun neun neun acht sieben.** The dot at the top of the line is a decimal point, that at the bottom between figures indicates multiplication and should be read **mal.**

11. **sei....gefüllt,** fill. Mild imperative as P. 25, 17. **Sei** is also to be construed with **abgesperrt,** lines 12-13.

Word-list: **umgekehrt, vorteilhaft, der Haushalt, die Glaskugel, rechtwinklig, absperren, der Röhrenquerschnitt, der Quecksilberfaden, das Ölbad, die Grösse.**

Page 27. 13. $1m^3 + 0{\cdot}3665\ m^3$, etc., read **ein Kubikmeter plus,** etc.

Word-list: **das Gleichgewicht, ergeben, die Zunahme, nahezu, anfänglich, die Änderung, das Körperteilchen, die Volumseinheit, abhängig.**

Page 28. 25. **Auf diese Art,** in this way, thus.

28. **In stehenden Wässern,** In stagnant or quiet water.

Word-list: **erklärlich, die Schicht, einleuchtend, etwa, die Ölschicht, die Strömung, infolge, die Reibschale, das Fliesspapier, zerfasern, das Probierglas, der Strom, aufsteigen, die Unterseite, zunächst, die Wassermasse.**

Page 29. 10. **eine zur Erhaltung ihres Lebens erforderliche Wärme,** heat necessary for the preservation of life.

20. **oben angebracht,** held at the top (i.e., of the crack).

21. **Meissnersche Luftheizung,** Meissner's system of hot-air heating. Paul Traugott Meissner, 1778-1864, professor of chemistry in Vienna, perfector of a popular system of hot-air heating which, with improvements, is still in vogue in Austria and Germany.

Word-list: **fortschreiten, die Eisdecke, die Kälte, der Einlass, gewähren, die Erhaltung, die Wasserheizung, das Kerzenlicht, die Türspalte, der Schornstein, betrachten, die Luftsäule.**

Page 30. 11. **in der Tat,** in fact.

21 ff. **Die vom 30. Grade....gleichmässig,** The lower winds blowing from the 30th parallel to the poles are fairly steady in the Southern Hemisphere which is uniformly almost entirely covered with water.

Word-list: **die Vermehrung, der Breitengrad, strömen, der Pol, abführen, kugelförmig, der Umfang, die Breite, die Luftströmung, gleichförmig, gleichmässig, die Halbkugel, der Passat.**

Page 31. 26. **dem die Temperatur von 40° C. zukommt,** which possesses a temperature of 40°.

Word-list: **die Mischung, erhalten, die Kalorie, innerhalb, erhöhen, die Grenze, schliessen, enthalten, überschüssig, ursprünglich.**

Page 32. Word-list: **die Ausgleichstemperatur, schmelzen, auflösen, die Porzellanschale, der Talg, das Wachs, der Löffel, der Übergang, unveränderlich, das Schmiedeeisen, die Kohle, das Erz, trotz, notwendig, lockern.**

Page 33. 18. **— 10° C.** read **minus zehn Grad Celsius.**

Word-list: **die Auseinanderzerrung, verbrauchen, die Schmelzwärme, der Schnee, die Überführung, der Salmiak, die Lösung, die Auflösung, das Kochsalz, erstarren, der Erstarrungspunkt, zusammenfallen.**

Page 34. 19. **wohl aber,** but instead.

25. **was darauf hindeutet,** which shows.

Word-list: **das Rohr, die Erschütterung, bewahren, gefrieren, erzeugen, die Erstarrungswärme, die Temperaturserniedrigung, die Temperaturserhöhung, die Umgebung, bewirken.**

Page 35. 24-25. **Gleich viel Wasser, in gleich grosse und gleich gestaltete Schälchen gegossen,** The same amount of water poured into dishes of the same size and shape.

Word-list: **zerbersten, die Verwitterung, verdunsten, verdampfen, gering, verwandeln, der Vorgang, der Dunst, die Wäsche, flüchtig, die Verdunstung, giessen, beschleunigen, befördern, je nach, der Rezipient.**

Page 36. word-list: **die Luft, leiten, der Luftstrom, fortschaffen, die Glasglocke, abwägen, unterdessen, der Zeitunterschied, unbegrenzt, aufhören, sättigen, aufnehmen, umhüllen, der Leinwand, befeuchten, die Beförderung.**

Page 37. 4. **seiner Umgebung,** dative. Construe with **entziehen,** line 5.

Word-list: **der Schwefeläther, sogar, damit, die Verdunstungswärme, das Bad, aufspritzen, die Strasse, das Spanien, die Eismachine, das Princip, sieden, sich beschlagen, die Innenseite, das Luftbläschen, verschwinden.**

Page 38. Word-list: **schliesslich, die Bildung, die Dampfblase, entweichen, die Bewegung, anfangs, sobald, der Siedepunkt, die Lockerung, die Dampfbildung, die Verdampfungswärme, der Luftdruck, geschehen.**

Page 39. 15. See Page 5, notes.

Word-list: **die Natur, lasten, beschränken, die Glasplatte, sich ansetzen, kondensieren, austreten, der Dampf, der Nebel, die Abhängigkeit, der Glaskolben, umkehren.**

Page 40. 18. **Mont-blanc,** Mt. Blanc, the highest peak of the Alps on the line between Italy and France.

21. **St. Gotthard,** read **Sankt Gotthard.** The St. Gotthard range or pass situated in the Swiss cantons of Uri and Ticino.

25. **was dazu dienen kann, um....,** for the purpose of. Translate following infinitives as present participles.

30. **Papinianschen,** Papin's kettle. Denis Papin, 1647-1714, French physician, physicist and mathematician. Led an eventful and useful life, partly in France until he was forced to leave by the revocation of the Edict of Nantes, partly in England and in Germany where he occupied the chair of Mathematics at Göttingen.

Word-list: **plötzlich, derart, die Erniedrigung, die Erhöhung, die Erhebung, der Berg, die Talebene, das Fleisch, die Hülsenfrüchte, erzielen, sich bedienen.**

Page 41. Word-list: **der Kessel, der Deckel, der Topf, steigern, die Wandung, das Sicherheitsventil, niederhalten, ausströmen, entstehen.**

Page 42. 25. **im grossen,** on a large scale, en gros.

Word-list: **beweisen, die Verdampfungswärme, gleich, die Kondensationswärme, die Dampfheizung, die Papierfabrik, der Destillationsapparat, die Destillierblase, streichen, zinnern, das Schlangenrohr.**

Page 43. 1. **in dem mit kaltem Wasser fortwährend versehenen Kühlapparate.** See Page 5, notes.

13. **Humboldt,** F. H. Alexander von Humboldt, 1769-1859. German naturalist, traveler and statesman.

Word-list: **fortwährend, sich befinden, der Gegenstand, der Tau, die Eisnadel, der Reif, die Wolke, der Regen, herabfallen.**

Page 44. 28-29. **von der Erwärmungsstelle aus,** starting from the spot heated (place of application) .

Word-list: **der Wald, der Ort, das Los, die Entwaldung, unfruchtbar, die Graupel, das Frühjahr, der Herbst, der Eintritt, zu stande kommen, der Hagel, die Eisschale, die Wärmeleitung, kleben, der Abstand, das Wachs, zusammenstossen.**

Page 45. Word-list: **schmelzen, sich fortpflanzen, das Wärmeleitungsvermögen, der Wärmeleiter, das Messing, das Platin, das Wismut, das Holz, der Pelz, das Stroh, der Glasstab, die Abgabe, hieraus, die Eisenkugel.**

Page 46. 21-22. **um weniges,** a little.

Word-list: **aufnehmen, die Kühle, der Ofen, sich verhalten, der Kachelofen, der Holzgriff, die Bekleidung, die Saat, die Eprouvette, oben, ober.**

Page 47. 29. **Davyschen Sicherheitslampe,** Davy's safety lamp. Invented by Sir Humphrey Davy, English chemist, 1778-1829.

Word-list: **Die Wärmeströmung, das Doppelfenster, die Doppeltür, das Drahtnetz, der Gasbrenner, überzeugen, entzünden, das Netz, das Metallgewebe,**

Page 48. 1-2. **durch eine eine gewöhnliche Öllampe umgebende Drahthülle,** take the first **eine** with **Drahthülle,** the second with **Öllampe.**

Word-list: **unentbehrlich, die Wärmestrahlung, der Schirm, die Pappe, verhältnismässig, die Wärmefortpflanzung, die Strahlung, mitteilen, hauptsächlich, der Sonnenstrahl, der Weltraum, erwähnen.**

Page 49. 13. **um vieles rascher,** much quicker, much more readily.

15. **Eine senkrecht auf die Strahlen stehende Fläche,** a surface perpendicular to the rays.

18. **geneigte,** supply **Fläche.**

27-28. **strahlt unserer Erde zu,** radiates on the earth.

Word-list: **der Russ, schwärzen, gewöhnlich, glasieren, wolkenlos, übergehen, zurückwerfen, die Windstille, der Himmel, rechtwinklig, neigen, die Mittagshöhe, sowohl als, der Lauf, im Laufe, die Dampfhülle, die Quelle, umgeben.**

Page 50. 6. **Pariser Sternwarte,** Paris observatory, one of the most famous in the world. It is situated at the southern end of the Avenue de l'Observatoire in Montparnasse. Its center is supposed to be traversed by the meridian of Paris.

10. **je,** every (distributive).

15. **dadurch....dass,** in the fact that.

26. **deutet darauf hin,** points to the fact.

Word-list: **die Erdwärme, mannigfaltig, der Vulkan, die Annahme, die Sternwarte, folgern, die Hitze, erstarren, die Wärmeentwicklung, die Schwefelsäure, die Verbindung.**

Page 51. 5. **37°-40° C.,** read the dash **bis.**

21-22. **ist ein Kolben luftdicht beweglich,** an hermetically fitted piston travels up and down.

27-28. **pneumatisches Feuerzeug,** fire syringe, pneumatic syringe.

Word-list: **verbrennen, entwickeln, die Blutwärme, das Säugetier, das Nahrungsmittel, die Reibung, das Schmiermittel, der Feuerstein, die Münze, das Häkchen, der Feuerschwamm, befestigen, das Feuerzeug, die Flintenkugel.**

Page 52. 1. **reibt sie sich an der Luft,** it causes friction with the air.

10. **bewegender Kraft,** kinetic energy.

Word-list: **reiben, die Folge, die Sternschnuppe, das Heu, der Stoss, der Druck, die Zusammenpressung, die Bewegung, der Aufwand, die Erzeugung, die Dampfmaschine.**

Page 53. 3. **ganz verschieden starke Kräfte,** forces of quite different strength.

Word-list: **die Vorbereitung, die Chemie, die Kohäsion, das Gusseisen, schlechtweg, verringern, die Verschiedenheit, starr, äussern, weich, erleiden, die Kraft.**

Page 54. 1-2. **der dem Eindringen in die Oberfläche desselben entgegengesetzte Widerstand.** See Page 5, notes.

16. **Kraft,** force of distortion, stress.

Word-list: **die Härte, der Widerstand, ritzen, ausziehen, der Zug, die Gestalt, die Lage, zurückkehren, zerreissen, biegen, die Abstossung, rege werden, die Gleichgewichtslage, streben.**

Page 55. 2. **denen sie mangelt,** lit. to which it is lacking.

17. **Glasträne,** Prince Rupert's drop. Formed by dropping molten glass into cold water.

25-26. **bewegende Kraft,** motive power.

Word-list: **mangeln, wachsen, die Elastizitätsgrösse, überschreiten, zerdrücken, die Stricknadel, käuflich, zerspringen, die Glasträne, zerstieben, die Vorsicht, der Kieselstein, die Taschenuhr, die Feder, der Puffer, die Herstellung, der Verschluss.**

Page 56. 13. **auf empirischem Wege,** empirically, through experience or experiment.

Word-list: **das Kraftmesser, die Federwage, gebrauchen, die Schraubenfeder, die Schale, die Belastung, der Zeiger, die Festigkeit, die Trennung, zerbrechen, zerdrehen, der Querschnitt, die Beschaffenheit, widmen, der Bruchteil.**

Page 57. 19. **bleibt an der Glasplatte haften,** remain adhering to the glass-plate. Infinitives dependent upon **bleiben** are generally best translated by the English present participle.

Word-list: **Die Adhäsion, die Berührung, gleichartig, ungleichartig, haften, bezüglich, je nach, laufen, in Bezug auf, benetzen, kitten, leimen, löten, die Tinte, die Kreide, der Bleistift, die Auflösung, überwinden.**

Page 58. 9. **die es werden,** which are so.

10-11. **jeden überhaupt löslichen Körper,** every body at all soluble.

11. **gibt es eine oder eine Reihe,** the first **eine** is a numeral.

29-30. **immer mehr,** more and more.

Word-list: **das Lösungsmittel, die Lösung, der Zucker, auflösen, lösen, löslich, die Farbe, absetzen, sättigen, die Sättigung.**

Page 59. 3-4. **Löscht man eine glühende Kohle unter Quecksilber ab,** If a glowing piece of charcoal is cooled off under mercury (for the purpose of preventing the charcoal from absorbing any of the moisture in the air).

20-21. **der zwischen den kleinsten Teilchen verschiedener Flüssigkeiten wirkenden Kräfte.** See Page 5, notes.

24. **der zu mischenden Körper,** gerundive. See Page 13, line 11.

Word-list: **die Absorption, absperren, ausfüllen, vermöge, verschlucken, bezeichnen, das Quellwasser, ausscheiden, unsichtbar, infolge, die Bereitung, die Mischung, der Essig, beliebig, die Summe, der Bestandteil, die Zusammenziehung.**

Page 60. 3-4. **Der Übergang der einzelnen Aggregatzustände ineinander,** the transition of the individual aggregate states one into the other.

24-25-26. Translate the reflexive verbs as passives.

Word-list: **der Zwischenraum, der Übergang, einzeln, wirken, ungestört, die Kochsalzlösung, der Schwefelkristall, der Jodkristall, einleiten, vor sich gehen, langsam, die Ausbildung.**

Page 61. 8. **die spröde Eigenschaft,** brittleness, brittle characteristics.

12-14. **haben....zur Folge,** result in, entail.

Word-list: **die Grundlehre, die Chemie, die Beobachtung, die Menge, die Qualität, die Behandlung, die Anfertigung, die Quantität, die Entfernung, die Wesenheit, stofflich.**

Page 62. 9. **noch,** even.

22. **Hierbei ist zu bemerken,** incidentally it should be stated.

28. **es,** so.

Word-list: **die Lagenveränderung, bedingen, die Schwefelblumen, vermengen, mittels, die Lupe, das Gemenge, der Schwefelstoff, schlämmen, die Vereinigung, beibehalten, der Siegellack, das Harz.**

Page 63. 6. 7:4, read **sieben zu vier.**

7. **aus schwer schmelzbarem Glase,** of hard glass.

Word-list: **das Färbemittel, der Zinnober, die Synthese, die Analyse, die Vergrösserung, nachweisen, anziehen, entzündlich, das Schwefeleisen, das Eisensulfid, führen, erörtern, die Entstehungsweise.**

Page 64. 11-19. With one exception a similar apparatus is illustrated in Fig. 15, Page 73.

29-30. **der chemischen Analyse,** dative dependent upon **ist gefolgt,** line 2, Page 65.

Word-list: **der Luftabschluss, das Quecksilberoxyd, die Mündung, die Retorte, die Gasentwicklungsröhre, die Wanne, die Öffnung, glimmen, das Sauerstoffgas, die Zerlegung, vornehmen, die Dampfform.**

Page 65. 6. **Gesetz der Erhaltung der Masse,** law of the conservation of mass or the law of the indestructibility of matter. "Whenever a change in the composition of a substance takes place the amount of matter after the change is the same as before the change." (Remsen.)

6-7. **Gesetz der bestimmten Gewichtsverhältnisse,** law of definite proportions (by weight). "Chemical combination always takes place between definite weights of substances." (Remsen.)

27-28. **Gesetz der konstanten Gewichtsverhältnisse, Dalton, 1804,** law of constant proportions by weight, includes the law of definite proportions and the law of multiple proportions ("If two elements form several compounds with each other, the weights of one that combine with a fixed weight of the other bear a simple ratio to one another") (Remsen.). John Dalton, English chemist and natural philosopher, 1766-1844.

29. **Gesetz der bestimmten Raumverhältnisse,** law of definite proportions by volume (in gases).

Word-list: **die Ersetzung, folgen, die Erhaltung, ausführen, übrigbleiben, die Glühhitze, verflüchtigen, anschlagen, die Stelle, derartig.**

Page 66. 27. **Es wird somit,** leave out the **es** in translating.

Word-list: **angesäuert, das Platinplättchen, die Gasblase, der Holzspan, entflammen, lebhaft, brennbar, verlöschen, leuchten, das Wasserstoffgas, zerlegen.**

Page 67. 2-3. See Page 5, notes.

14. **im vorhergehenden,** in the previous (paragraph).

19. **Es entsteht die Frage,** the question arises.

25. **deren,** of them.

26. **die später angegebene Tabelle,** the table given below.

Word-list: **ähnlich, sich ergeben, der Grundstoff, die Frage, die Beantwortung, sorgfältig, der Stoff, zerlegbar, die Tabelle, der Grund, das Gesetz.**

Page 68. Word-list: **teilbar, bestehen, vorhanden, nennen, rechtfertigen, die Annahme, zumeist, erfolgen, wiegen, verketten, die Affinität, die Verwandtschaft, die Atomlehre.**

Page 69. 7-8. **dadurch dass wir....bringen,** by bringing.

Word-list: **die Untersuchung, der Kalkspat, das Eisenrohr, ragen, der Marmor, verlieren, die Substanz, übergiessen, aufblähen, das Pulver, beträchtlich, die Wärmeentwicklung, filtrieren, laugenhaft, ätzend, das Lackmuspapier, das Kalkwasser, alkalisch, basisch, reagieren, das Alkali, die Base, der Kalkbrei, die Kohlensäure.**

Page 70. 16. **Hundsgrotte bei Neapel,** Grotta del Cane (dog grotto), a small cave at Puzzuoli, not far from Naples. An exhalation of carbonic acid gas rises about a foot above the bottom level of the cave. The name of the cave comes from the custom of throwing small dogs into it to test the effect of the carbonic acid gas.

17. **Gifttal auf Java,** a small valley near the Javan volcano Papandayang, commonly known as Death Valley or Poison Valley. Here also there is an exhalation of carbonic acid gas which is deadly to all animal life.

Word-list: **sterben, unterhalten, atmen, die Last, die Lackmustinktur, die Säure, schütteln, die Handfläche, ziemlich, somit, prickeln.**

Page 71. 7. **in nichts,** in no respect, in no way.

Word-list: **der Säuerling, das Sodawasser, trüben, der Niederschlag, der Ätzkalk, der Kalkspat, die Einwirkung, der Kalkstein, kohlensauer, das Kalziumkarbonat, unlöslich, die Entfernung, das Brunnenwasser, abscheiden, entstammen, die Wirkung.**

Page 72. 30. The hyphen indicates that the **los** of **geruchlos** belongs likewise to **farb** and **geschmack.**

Word-list: **blasen, die Trübung, der Beweis, das Atmungsprodukt, vorzüglich, das Erkennungsmittel, das Reagens, die Behandlung, das Wachskerzchen, erlöschen, der Verbrennungsprozess, der Gärungsprozess, die Verwesung, die Fäulnis, das Getränk, der Atmungsprozess, die Tätigkeit, das Kohlenoxydgas, der Luftzutritt.**

Page 73. Word-list: **der Saum, die Vergiftung, die Klappe, der Sauerstoff, die Kugelvorlage, aufstellen, geraum, ansammeln, ferner.**

Page 74. 11. **zum Teile,** partly.

21. **dem Wesen nach,** essentially.

22ff. The conclusion of the condition introduced by **wird** is to be sought in lines 27-28. **deren,** line 23, refers to **Uhrfeder,** line 22.

Word-list: **farblos, geruchlos, geschmacklos, intensiv, die Holzkohle, die Lichterscheinung, das Verbrennungsprodukt, begierig, liefern, das Wesen, die Uhrfeder, ausglühen, gerade, einbohren, die Wand, der Eisenrost.**

Page 75. 24-26. **Es wird die Verbindung....genannt,** the compound is called.

Word-list: **darstellen, das Eisenoxyd, stechend, riechen, röten, schweflige Säure, die Phosphorsäure, verleihen, das Oxyd, ersehen.**

Page 76. 11. **eine solche,** any.

19. **von der eben die Rede war,** which we have just been discussing.

Word-list: **das Metalloxyd, das Nichtmetall, sauer, untersuchen, das Reagenspapier, der Zusatz, der Tropfen, die Rede, belassen, eindampfen, der Bodensatz, phosphorsaurer Kalk, die Gruppe, der Knochen, heutzutage, fabriksmässig,**

gewinnen, die Ackererde, die Körnerfrüchte, die Phosphorverbindung.

Page 77. 24-25. **unterscheidet es sich dadurch, dass,** it differs in this respect, that.

Word-list: **sammeln, der Aufbau, das Knochenmehl, das Düngemittel, stülpen, beschreiben, gleichzeitig, der Stickstoff, der Span, umkommen, das Stickstoffgas.**

Page 78. 14. **ist diesem Gase zu danken,** is due to this gas.

Word-list: **der Raumteil, der Gewichtsteil, ausser, der Wasserdampf, der Staub, bereits, der Gehalt, wechseln, die Wichtigkeit, mildern, die Wurzel, das Blatt, die Ausscheidung, der Kreislauf, durchsichtig.**

Page 79. 10. **tritt an den Tag,** comes to the surface, appears.

21-22. **zum grössten Teile,** for the most part.

Word-list: **übrigens, das Regenwasser, der Bach, der Fluss, dringen, das Grundwasser, begegnen, die Tiefe, das Kristallwasser, tubuliert, verdichten, wichtig, das Glaubersalz.**

Page 80. Word-list: **liegen, trocken, verwittern, löschen, austreten, die Vorlage, der Wassertropfen, teilweise.**

Page 81. Word-list: **das Kalziumoxyd, aufnehmen, das Hydrat, die Eisenfeile, entströmen, die Verbindung, die Gasentwicklungsröhre, die Verbrennungsröhre, das Gas.**

Page 82. 6-7. **nach dem früheren,** according to the above.

20-21. **führt ein an einem umgebogenen Drahte befestigtes brennendes Wachskerzchen ein,** take the first **ein** with **Wachskerzchen,** the second **ein** with the verb **führt.**

Word-list: **die Brücke, auffangen, zunehmen, der Schluss, der Strom, das Seifenwasser, die Seifenblase, genau, herausheben, einführen, unscheinbar, die Flamme, oberhalb, die Gasschichte, die Waschflasche.**

Page 83. 14. **Man sagt, es sei bei dem besprochenen Vorgange,** We say that in the process just discussed the cupric oxide has been reduced, etc. **sei,** subjunctive of indirect discourse.

Word-list: **beobachten, das Kupferoxyd, die Wasserstoffgasflamme, schliesslich, der Metallglanz, reduzieren.**

Page 84. 1. **Man mische,** mix. Subjunctive for imperative.

27. **nicht schmelzbar,** non-fusible.

27-28. **kommen in starkes Glühen,** become incandescent or white-hot.

29. **Drummondsches Kalklicht,** Drummond lime or calcium light, invented in 1826 by Captain Thomas Drummond, a Scotch engineer and administrator, 1797-1840.

Word-list: **das Volumen, die Blase, die Ausströmungsröhre, berühren, aufsteigen, das Licht, die Spannkraft, das Knallgas, die Wärmeentwicklung, die Knallgasflamme, ausstrahlen.**

Page 85. 16-17. **Durch genaue Versuche messender Art, hat sich ergeben,** By careful experiments of a volumetric nature it has been proven.

23. **verhalten sich,** are to one another.

Word-list: **das Chlorkalzium, trocknen, anzünden, beschlagen, die Verbrennung, messen, die Art, sich verhalten, die Übereinstimmung, der Schwefel, der Handel.**

Page 86. Word-list: **knistern, kristallinisch, kristallisch, zähflüssig, dünnflüssig, die Herstellung, die Form, der Schwefeldampf, das Sulfid, das Atomgewicht, die Forschung.**

Page 87. 2. **Avogadro,** Amedeo, Count Avogadro, Italian physicist, 1776-1856.

2. **Ampère,** André Marie Ampère, French mathematician and natural philosopher, 1775-1836.

29. **auf Grund,** on the basis.

Word-list: **die Anzahl, erkennen, erfahren, erwähnen, das Molekül.**

Page 88. Word-list: **die Wägung, schliessen, das Schwefelquecksilber, das Schwefeleisen, verbinden, die Formelsprache, der Anfangsbuchstabe, gleichzeitig, der Buchstabe.**

Page 89. 13-14. **wodurch ausgedrückt ist,** which means.

19 ff. **Über die Entstehung....wurde schon früher gesprochen,** We have already discussed the formation, etc.

Word-list: **anhängen, das Symbol, andeuten, ausdrücken, die Angabe, schweflige Säure.**

Page 90. 14. **das 80 fache Volumen,** 80 times its volume.

Word-list: **anstellen, die Glasplatte, anzeigen, heftig, zerstören, nieder, der Organismus, die Desinfektion, die Schwefelsäure, der Platinasbest.**

Page 91. 12. **englische Schwefelsäure,** English sulphuric acid, so-called because it was first manufactured on a large scale in England.

Word-list: **ölig, seidenglänzend, wasserfrei, die Formel, begierig, zerfliessen, zischen, die Berührung.**

Page 92. 25. **dicker Zuckerlösung,** dative dependent upon **wird zugesetzt.**

27-28. **locker zusammenhangende Holzkohle,** loosely cohesive or porous charcoal.

Word-list: **das Schwefelsäureanhydrid, die Gleichung, während, die Neigung, die Weise, umherspritzen, die Vorsicht, die Zuckerlösung, zusetzen, der Kohlenstoff.**

Page 93. Word-list: **zurückbleiben, ebenfalls, verkohlen, hochhalsig, die Trichterröhre, der Zweck, nachgiessen.**

Page 94. 11. **sein dreifaches Volumen,** three times its volume.

Word-list: **der Zinkvitriol, die Substitutionsformel, entweichen, das Schwefelwasserstoffgas, das Schwefelwasserstoffwasser, bläulich, der Glastrichter, bemerkbar, das Eisensulfat, der Eisenvitriol.**

Page 95. Word-list: **erfüllen, gelblich, blank, die Silbermünze, die Kupfermünze, das Schwefelmetall, das Sulfat, verschliessbar, der Kalisalpeter, der Salpeter, verdichten.**

Page 96. 16. **auf Wasser bezogene,** with reference to water.

Word-list: **der Inhalt, der Rückstand, stickstoffhaltig, der Federkiel, das Haar, der Nagel, die Salpetersäure, die Untersalpetersäure, entflammen, die Kupferdrehspäne, das Natrium.**

Page 97. Word-list: **der Stickstoff, der Sauerstoff, ergeben, das Salpetersäureanhydrid, salpetersaures Kupfer, das Kupfernitrat, salpetersaures Salz, das Gold, angreifen, das Scheidewasser, das Kaliumnitrat, die Mauer, der Viehstall, das Exkrement, der Dünger, fortwährend, der Kalksalpeter, der Mauersalpeter, die Wichtigkeit, die Schiesspulverfabrikation.**

Page 98. 15. **Salzsäure,** to bring out the etymology of the word, it might be translated here with the old-fashioned term "spirits of salt."

20. **an der Luft,** with access of air, in the open.

21. **wässerige Salzsäure,** commercial hydrochloric acid.

Word-list: **verpuffen, das Kochsalz, der Kolben, aufschäumen, aufrechtstehen, die Salzsäure, das Absorptionsvermögen, indem, das Gewebe, der Braunstein, der Kochkolben, gelinde.**

Page 99. Word-list: **das Atmungsorgan, das Chlor, verdrängen, wodurch, insbesonders, das Chlorwasser, der Chlorgeruch, herb, das Mangan.**

Page 100. 4. **Salzsäure,** translate here muriatic acid or spirits of salt.

Word-list: **die Chlorwasserstoffsäure, die Indigolösung, bleichen, der Kattunlappen, die Blume, mangelhaft, die Russabscheidung, das Antimon, das Chlorgas, streuen, die Feuererscheinung, der Rauch, die Wandung, das Antimonchlorid, das Rauschgold, das Stanniol, die Lichtentwicklung, das Chlormetal, das Metallchlorid.**

Page 101. 9. **Haloidsalze,** haloid salts, compounds of chlorine, iodine and bromine.

Word-list: **das Natriumchlorid, die Beziehung, das Chlornatrium, salzähnlich, das Haloidsalz, das Silbernitrat, der Höllenstein, flockig, der Niederschlag, das Chlorsilber, aussetzen, das Tuch, hüllen, wieder, verkehrt.**

Page 102. 15. **im zerstreuten Tageslicht,** in diffused light.

26. **im Vorigen,** in the preceding (article).

Word-list: **die Pappscheibe, die Pappendeckelkapsel, das Sonnenlicht, das Magnesium, die Kapsel, die Gasmischung, das Magnesiumlicht, zerstreuen, das Tageslicht, weder.... noch, entsprechen, nachdem, entsprechend.**

Page 103. Word-list: **das Manganchlorid, das Salmiak, salzig, der Pflanzenstoff, die Gegend, die Zusammensetzung, das Ammoniak, der Salmiakgeist, das Ammoniakgas, wegziehen, abscheiden, erweisen.**

Page 104. Word-list: **das Zink, die Kalilauge, hinzusetzen, der Kaliumsalpeter, der Entstehungszustand, vereinigen, der Säurefleck, das Kleid, salpetersaures Ammon, das Ammoniaksalz, das Schneewasser, die Ernährung, hervorragend, die Pflanze, das Hauptnahrungsmittel, ausmachen, wertvoll.**

Page 105. Word-list: **die Destillation, das Holzstückchen, das Kohlenstückchen, verdichten, hell, durchwegs, vorzugsweise, die Reinigung, die Ammoniakverbindung, der Teer, das Leuchtgas, die Leuchtgasbereitung, die Beleuchtung, die Verbrennung.**

Page 106. 1. **O,** read **Sauerstoff.**

17-18. **in der Nähe des unteren Endes des Zylinders entwickelter Rauch.** See Page 5, notes. In this case the definite article is lacking and the verbal adjective has a strong ending.

20. **unten ein-, oben aus demselben strömt,** supply **strömt** immediately after the hyphen. The hyphen is used to avoid the repetition of **strömt.**

Word-list: **das Brennmaterial, der Brennstoff, die Unterhaltung, die Kerzenflamme, der Lampenzylinder, das Holzstäbchen, die Nähe, der Papierstreifen, deutlich, unterdrücken, die Strömung, brennbar.**

Page 107. 5-6. **H,** read **Wasserstoff; C,** read **Kohlenstoff.**

Word-list: **das Öl, das Petroleum, die Mitte, das Drahtnetz, durchschneiden, der Kern, der Mantel, die Lichtintensität, der Schleier, das Kohlenoxydgas, die Leuchtkraft, die Hitzekraft, gehörig, die Sauerstoffzufuhr.**

Page 108. 5. **Bunsenschen Brenners,** Bunsen burner. Robert Bunsen, German chemist, 1811-1899. Professor of chemistry at the University of Heidelberg.

Word-list: **die Heizflamme, benützen, die Luftzufuhr, geeignet, die Vorrichtung, sorgen, beeinflussen, das Chorlithium, das Chlorkupfer, das Baryumsalz, grünlichgelb, u. s. f.**

Page 109. Word-list: **der Magnetismus, der Grundversuch, das Altertum, das Eisenerz, der Magneteisenstein, der Magnet, das Kleinasien, die Methode, vorübergehend, das Stahlstück, erteilen, künstlich, stabförmig, der Magnetstab, der Bogen, aufrichten, büschelförmig.**

Page 110. Word-list: **die Anziehung, gegenseitig, schwächen, die Fernwirkung, vermindern, ungeschwächt, das Zinkfeilicht, das Absondern, der Pol, gar kein, kräftig.**

Page 111. Word-list: **die Zwischenstelle, die Indifferenzzone, gänzlich, der Rhombus, die Magnetnadel, der Mittelpunkt, das Hütchen, der Achat, die Stahlspitze, der Norden, der Süden, die Nadel, das Gleichgewicht, die Schwingung, die Verbindungslinie, die Achse, die Abstossung, wechselseitig.**

Page 112. 5. **einer grösseren Entfernung,** dative dependent upon **entsprechen.**

Word-list: **gleichnamig, ungleichnamig, freundlich, feindlich, die Wirkung, die Hälfte, die Nordhälfte, die Südhälfte, die Stabhälfte, die Neigung, stellen.**

Page 113. Word-list: **unterscheiden, die Verteilung, die Influenz, weich, je stärker....desto grösser, befestigen, die Eisenfeilspäne** (pl.), **der Magnetpol, anhängen, magnetisch, dauern, ausüben.**

Page 114. 3 ff. **Nähert man den verschiedenen Stellen,** etc. The direct object of **nähern** is **eine Magnetnadel,** line 5.

Word-list: **influenzierend, verteilend, der Südpol, der Nordpol, abstossen, die Annäherung, nordmagnetisch, südmagnetisch, überzeugen, hervorrufen, die Influenzwirkung, sich aufheben, die Stärke, wiederholen, innewohnen, die Mitteilung.**

Page 115. 16. **längere Zeit,** for some time.

Word-list: **erhalten, derart, aussen, trennen, der Stahl, härten, glühen, ablöschen, unmittelbar, die Feilspäne** (pl.), **entfernen, annehmen, induzieren, temporär, auftreten, permanent.**

Page 116. 6-7. **wie oft....auch immer,** however often.

11-12. **die nach dem Nordpol der magnetisierten Stricknadel hin liegenden Enden der durch Zerbrechen entstandenen Teilchen,** the ends of the particles, formed by this breaking up, which lie toward the north-pole of the magnetized knitting-needle.

18. **zu,** to be taken with **nach.** Translate the combination "toward."

29-30. **ihre befreundete Seite,** their opposite sides, sides of different polarity.

Word-list: **auseinandersträuben, die Konstitution, zerbrechen, die Stricknadel, mehrere, der Elementarmagnet, der Molekülarmagnet, sämtlich, unregelmässig, wirr durcheinander, die Folge, zukehren.**

Page 117. 2. **Der Bewegung,** dative with **entgegensetzen.**

13-22. The so-called method of double touch as opposed to the

method of single touch where only one pole of the magnet touches the bar to be magnetized.

28. **verstärkend wirkt die Armatur,** the keeper (or armature) has an intensifying effect.

Word-list: **gewiss, der Widerstand, die Koerzitivkraft, entgegensetzen, anwenden, vorzüglich, gewöhnlich, hinstreichen, abheben, hufeisenförmig, der Hufeisenmagnet, zusammenfügen, die Armatur, die Induktion.**

Page 118. 2-3. **ziehen noch gleichen Magnetismus in die Pole,** attract still more like magnetism to the poles.

Word-list: **gleich, die Grösse, die Beschaffenheit, der Strich, die Grenze, ausserdem, der Einfluss, die Sättigung, die Tragkraft, schleifen, die Wagschale, der Anker, abreissen, vermindern, schlagen, endlich, die Rotglühhitze, der Erdmagnetismus.**

Page 119. Word-list: **weisen, bringen, die Schwingung, die Vertikalebene, die Deklination, die Deklinationsnadel, der Meridian, der Winkel, die Abweichung, östlich, westlich, die Durchschnittslinie, die Mittagslinie, die Nord-Südlinie, bestimmen, der Stift, der Kreis, der Schatten, die Mittagszeit.**

Page 120. 1. a′, b′, c′, read **a Strich,** etc.

Word-list: **die Kreisperipherie, halbieren, die Halbierungslinie, der Sonnenweiser, der Gnomon, die Horizontalebene, die Gradteilung, ablesen, der Beobachtungsort, herrschen, die Inklination, ungedreht, der Kokonfaden, die Schere, die Lage, die Neigung.**

Page 121. 11. 63° 5′, read **63 Grad 5 Minuten.**

Word-list: **die Erdhälfte, senken, ändern, der Ort, Wien, die Erklärung, aufhängen, richten, demnach, betrachten, die Halbkugel, die Erdkraft.**

Page 122. Word-list: **der Beweis, das Werkzeug, die Drehspäne** (pl.), **dergleichen, benützen, das Meer, die Wüste, die**

Weltgegend, orientieren, der Kompass, die Windrose, die Schwankung, aussetzen.

Page 123. 9. **nach erfolgter Anziehung,** after the attraction has taken place.

Word-list: **die Elektrizität, die Grunderscheinung, der Kautschuklappen, das Amalgam, bestreichen, der Lederlappen, der Kork, das Holundermark, bemerken, das Pendel, die Holundermarkkugel, der Seidenfaden, die Glasstange, das Knistern, verdunkelt, das Lichtschimmer, der Lappen, der Fingerknöchel, das Fünkchen, überspringen.**

Page 124. Word-list: **das Phänomen, Milet, der Bernstein, v. Chr., auffallen, elektrisch, der Pelzlappen, der Harzstab.**

Page 125. 8. **vom Glasstabe her,** from the glass rod.

13 ff. **Hängt man,** etc., If one attaches to a pith-ball fastened to a silk thread a second pith-ball by means of a fine metal wire or a linen thread a b, etc. See Page 5, notes.

Word-list: **die Mitteilung, der Leiter, die Eigenschaft, empfangen, vermöge, mitteilen, die Berührung, der Unterschied, unelektrisch, der Metalldraht.**

Page 126. 26. **isoliert getragen,** insulated.

Word-list: **verbreiten, hinsichtlich, die Fortpflanzungsfähigkeit, der Konduktor, einteilen, das Paraffin, der Schellack, absolut, die Fortpflanzung, isolieren, der Isolator, die Metallstange, die Isolierung, der Glasständer, überziehen, positiv, negativ.**

Page 127. Word-list: **der Pelz, die Distanz, hingegen, gleichbedeutend, zukommen, der Satz, der Träger, statt.**

Page 128. 7. +, read **positive** or **plus.** —, read **negative** or **minus.**

Word-list: **die Anziehung, die Menge, die Neutralisation, die Glaselektrizität, die Ausweichung, die Vertikallage, hinweisen, die Verminderung, zunehmen, vergrössern, das Elek-**

troskop, der Hals, die Messingplatte, das Goldblättchen, der Strohhalm, der Aluminiumdraht, der Nachweis, divergieren.

Page 129. 1. **welch letztere,** undeclined form of relative adjective.

2. **umgekehrt,** on the other hand.

20-21. **dafür sorgen dass,** take care that.

Word-list: **die Qualität, berühren, anfänglich, mittels, nachweisen, das Fell, sorgen, die Probenadel, die Stecknadel, das Schellackstäbchen, der Knopf, einschmelzen, der Sitz, die Spannung, ankleben.**

Page 130. Word-list: **die Innenseite, der Streifen, das Blattgold, das Metallsäulchen, herabhängen, zuführen, das Bedecken, stattfinden, die Aussenseite, die Ruhe, hervorgehen, laden, krümmen, das Innere, die Krümmung, die Aufnahme.**

Page 131. 5. **wie stark auch immer,** however strongly.

25. **Bringt man,** etc., the object is **eine elektrisierte Kugel,** Page 132, line 3.

Word-list: **die Benützung, die Stanniolbelegung, der Umstand, das Holundermarkpendel, die Anzeige, schützen, umgeben, leisten, festhalten, die Ansammlung, die Spitze, die Kante, die Verteilung, abgerundet, das Ebonitstäbchen.**

Page 132. Word-list: **der Ruhezustand, respectiv, anliegen, die Stütze, die Pendelkugel, die Ausnahme, der Metallzylinder, verschieden, hervortreten, kundgeben.**

Page 133. 5. **ein ebenso elektrisches Pendel,** a similarly electrified pendulum.

11. **sie,** omit in translation.

17-18. **dadurch....dass man ihn berührt,** by touching it.

Word-list: **einwirken, dennoch, ebenso, die Verbindung, zurückfallen, zuwenden, die Untersuchung, lehren, entwickeln.**

Page 134. 5. **bleibend,** permanently.

18. **durch den schlechten Leiter hindurch,** by the poor conductor.

Word-list: **die Influenzerscheinung, das Gleichgewicht, stören, der Elektrizitätsleiter, abfliessen, die Spitzenwirkung, die Metallspitze.**

Page 135. Word-list: **verteilen, die Spannung, erlangen, entladen, merkwürdig, die Lichterscheinung, im Dunklen, ästig, das Büschel, der Stern, gewaltsam, die Vereinigung, der Entladungsschlag, die Schlagweite, die Erzeugung, die Ansammlung, die Elektrizitätsmenge, gehören, der Elektrophor, die Elektrisiermaschine, die Harzscheibe, häufig, kreisrund, die Ebonitplatte, die Hartgummiplatte.**

Page 136. 11. **die ± Elektrizität,** read **die neutrale, die plus und minus.**

25. **rührt davon her, dass,** is due to the fact that.

Word-list: **die Seidenschnur, aufsetzen, der Kuchen, der Metalldeckel, der Schild, peitschen, der Fuchsschwanz, der Finger, der Handgriff, das Aufliegen, ausgleichen, herrühren, äusserst.**

Page 137. Word-list: **behalten, eine Zeitlang, die Tenazität, der Umstand, zuschreiben, eben, der Deckel, zerstreuen, der Gebrauch, die Scheibe, das Spiegelglas, die Kurbel, drehen, das Reibzeug, das Lederkissen, die Glasscheibe, drücken.**

Page 138. 1. **Kienmayerschen Amalgam,** one part of zinc and one part of tin are melted together and removed from the fire. Two parts of mercury are then added. The mass is then put into a box containing chalk and shaken. Before it is cold the amalgam is powdered in an iron mortar and preserved in a glass vessel. For use the cushions are covered with lard and some of the amalgam sprinkled over it. The surface is then made smooth. (Ganot.)

Word-list: **bestreichen, das Aufnehmen, der Ring, bewegen, die Rinne, die Metallspitze, der Messinghohlzylinder, bevor, die Wirksamkeit, abreiben, das Wolltuch, die Kette, die Drehung, die Reibung, das Kissen, anbringen, bedecken, gegenüberliegend, der Wachstaffet.**

Page 139. 15. **mit je einer Kugel,** with each ball respectively.

Word-list: **herstellen, der Funkenzieher, stumpf, entgegengesetzt, schlechtweg, der Doppelstrom, besitzen, die Geschwindigkeit.**

Page 140. 29-30. **Elektrisches Flugrädchen,** electric whirl, consists of 5 or 6 wires terminating in points all bent in the same direction, fixed in a central cap which rotates on a pivot. Placed on a conductor the whirl begins to revolve in a direction opposite to that of the points. (Ganot.)

30. **Elektrisches Glockenspiel,** electric chimes, consisting of three bells suspended to a horizontal rod. The two outside bells are connected with a conductor, the middle one grounded. Between the bells are small copper balls suspended by silk threads. When the current is turned on the copper balls are alternately attracted and repelled, causing the bells to ring.

Word-list: **der Eisendraht, die Demonstration, der Korkkugeltanz, der Boden, die Korkkugel, der Papierstreifen, der Schirm, drehen, der Isolierschemel, die Spinnwebe, umlegen, ausblasen, das Flugrädchen, das Glockenspiel.**

Page 141. 3. **Lullins Versuch,** Lullin's experiment showing the line of perforation of a spark through cardboard.

21. **Lichtenbergsche Staubfiguren,** Lichtenberg's figures, invention of Georg Christopher Lichtenberg, German physicist and satirist, 1742-1799.

23. **zeigt sich darin, dass,** manifests itself in the fact that.

25. **elektrische Pistole und Kanone,** in which the gunpowder is ignited by passing through it an electric spark.

Word-list: **durchbohren, aufwerfen, das Schreibpapier, das Blechstück, schlagen, bestreuen, der Bärlappsamen, die Staubfigur, der Fleck, die Mennige, die Wärmewirkung, der Schwefeläther, die Pistole, die Kanone, die Lichtwirkung.**

Page 142. 14. **Blitzröhre,** luminous tube. The luminous tube is a glass tube about a yard long, round which are arranged in a spiral form a series of lozenge-shaped pieces of tinfoil, between which are very short intervals. There is a brass cap with hooks at each end in which the spiral terminates. If one end of the tube be put in connection with a conductor the other end being held in the hand, sparks appear at each interval and produce a luminous appearance especially in the dark. (Ganot.) **Blitztafel,** luminous plane, and **leuchtender Name,** luminous name or sign. Both are dependent upon the same principle and consist of a square of ordinary glass on which is fastened a narrow strip of tinfoil folded parallel to itself a number of times. Spaces are cut in the foil so as to outline a figure, and the whole plate, being insulated, is connected at the top with a conductor, at the bottom with the ground. When the current is on, flashes appear at the places cut and outline the figure in fire.

22. **Geisslersche Röhren,** Geissler's tubes. Invented by Heinrich Geissler, German physicist, 1814-1879. The tubes are filled with different gases or vapors, exhausted, their extremities connected with the two ends of a Ruhmkorff coil. The result is a brilliant lustrous effect throughout the tube.

Word-list: **bläulichweiss, hochrot, grün, der Metalleiter, losreissen, erglühen, die Dauer, jedenfalls, erleuchten, die Blitzröhre, die Blitztafel, der Scheitel, die Lichtgarbe, das Ei, die Zickzackform, der Funkenast, der Linienfunken, die Entladung, das Büschellicht.**

Page 143. 6-7. **einer in Wirksamkeit sich befindenden Elektrisiermaschine,** of an electrical machine in action.

28. **Franklinsche Tafel,** Franklin's plate. Benjamin Franklin, 1706-1790.

29. **Leydener Flasche,** Leyden jar, so called from the place of its manufacture, Leyden in Holland.

Word-list: **verspüren, eigentümlich, die Veränderung, das Ozon, die Oxydationsfähigkeit, das Einschalten, die Schnur, die Ruhelage, ablenken, physiologisch, der Schmerz, empfinden, entlocken, wobei, der Verstärkungsapparat, das Stativ.**

Page 144. 24. **wirkt bindend,** has a binding effect.

Word-list: **viereckig, die Glasplatte, überkleben, der Rand, die Glastafel, abstehen, der Siegellack, die Belegung, überströmen, die Anwesenheit, ableiten, hinter, neuerdings, binden.**

Page 145. Word-list: **der Schluss, der Schliessungsbogen, menschlich, die Gefahr, der Auslader, das Scharnier, bequem, flaschenförmig.**

Page 146. 10. **unter sich,** with one another.

Word-list: **die Ladung, die Batterie, erzielen, die Art, anhäufen, das Gewitter, der Drachen, das Seidenzeug, überziehen, die Hanfschnur, der Stahlschlüssel, befeuchten, der Entladungsblitz, benachbart.**

Page 147. 18. **schlägt gern,** has a tendency to strike.

Word-list: **die Gestalt, der Blitz, ausgleichen, das Einschlagen, gleichzeitig, der Schall, der Donner, die Durchbrechung, die Erschütterung, gleichen, das Gebäude, der Turm, das Sandteilchen, Norddeutschland, die Blitzröhre, die Sandfläche, die Verzögerung, die Geltung, zur Geltung kommen, der Schlag, der Ozongeruch.**

Page 148. 7-8. **Pfarrer Divisch in Mähren,** Prokop Divisch or Diwisch, clergyman, physician and musician, 1696-1765. Invented a lightning-rod which he put on his house 1754, according to some German sources before Franklin had made practical use of his lightning-rod. The superstitious peasants are said to have attributed a dry season to the presence of this rod on Diwisch's

house. It was accordingly branded as an invention of the devil and torn down by a mob.

Word-list: **die Bewusstlosigkeit, die Lähmung, augenblicklich, der Blitzableiter, schädlich, die Wirkung, der Blitzschlag, verhindern, von vornherein, die Wolkenelektrizität, hintanhalten, erfinden, ausführen, die Auffangsstange, das Durchmesser, verfertigen, das Drahtseil, verzinken, das Grundwasser, das Bohrloch, unterbrechen.**

VOCABULARY.

Genders are marked as usual. Weak feminines are marked f. Strong feminines have plural indicated. All masculine and neuter nouns have genitive singular and nominative plural indicated. Principal parts of strong and irregular verbs are given at the end of the vocabulary.

ABBREVIATIONS.

a.,	adjective or adverb.	m.,	masculine.
abb.,	abbreviation.	n.,	neuter.
acc.,	accusative.	pl.,	plural.
adv.,	adverb.	poss.,	possessive.
comp.,	comparative.	p.p.,	perfect participle.
conj.,	conjunction.	prep.,	preposition.
dat.,	dative.	pro.,	pronoun.
dem.,	demonstrative.	reflex.,	reflexive.
f.,	feminine.	rel.,	relative.
gen.,	genitive.	sep.,	separable.
interrog.,	interrogative.	tr.,	transitive.
intr.,	intransitive.	v.,	verb.
inv.,	invariable.		

A.

ab'brechen, v. tr. sep., to break off, cut off.

ab'dampfen, v. tr., to evaporate, volatilise.

Ab'dampfen, n., **-s, -,** evaporation.

a'ber, conj., but, however.

a'bermals, adv., again, once more.

ab'fallen, v. intr. sep., to fall off, fall away, down; diminish.

ab'fliessen, v. sep. intr., to flow off, away, be discharged.

ab'führen, v. tr., to carry off, transport, lead away, conduct.

Ab'gabe, f., giving off.

ab'geben, v. sep. tr., to give off, give over, be good for, serve as, make.

ab'gerundet, p. p. a., rounded (off).

ab'giessen, v. tr., to pour off.

ab'hangen, v. sep. intr., **with von,** to depend upon.

ab'hängig, a., dependent.

Ab'hängigkeit, f., dependence.

ab'heben, v. tr. sep., to take off, lift off, take away.

Ab'kühlen, n., **-s, -,** cooling (off).

ab'kühlen, v. sep. tr. and intr., to cool off.

Ab'kühlung, f., cooling, refrigeration.

ab'leiten, v. tr. sep., to derive, deduce, discharge, turn aside, divert, draw off, conduct, convey away, ground.

ab'lenken, v. tr. sep., to divert, cause to diverge, lead away.

ab'lesen, v. tr. sep., to read, read off.

ab'löschen, v. tr. sep., to extinguish, smother, cool, put out, slake, temper.

Ab'nahme, f., decrease, diminution, decrement.

ab'nehmen, v. tr. intr. sep., to decrease, diminish, take off.

ab'reiben, v. tr. sep., to rub off, wipe off.

ab'reissen, v. tr. intr. sep., to tear away.

Ab'reissen, n., **-s, -,** tearing off, tearing away, violent removal.

ab'runden, v. tr. sep., to round (off).

Ab'satz, m., **-es, ¨-e,** precipitate, deposit.

ab'scheiden, v. tr. intr. reflex. sep., to separate, divide, be deposited, be precipitated.

ab'schiessen, v. tr. sep., to shoot (off), fire.

ab'schneiden, v. tr. sep., to cut off.

ab'setzen, v. tr. reflex. sep., to remove, take off; reflex., be deposited, settle, be precipitated.

absolut', a., absolute, absolutely.

ab'sondern, v. tr. sep., to separate.

Ab'sondern, n., **-s, -,** separation.

absorbie'ren, v. tr., to absorb.

Absorption', f., absorption.

Absorptions'vermögen, n.,**-s,-,** absorbing power, absorbability.

ab'sperren, v. sep. tr., to cut off, shut off, isolate, exclude.

Ab'stand, m., **es, ¨-e,** interval, distance, interspace.

ab'stehen, v. intr. sep., to keep away, be distant (reach to within).

ab'stossen, v. tr. sep., to repel.

Ab'stossung, f., repulsion.

ab'wägen, v. tr., to weigh (out).

ab'wärts, adv., down, downwards.

ab'wärtsgehen, v. intr. sep., to go down (-ward), descend.

ab'weichen, v. intr. sep., to deviate, vary.
Ab'weichung, f., deviation, deflection, variation.
ab'wenden, v. tr. sep., to turn aside, turn away from, remove; **abgewendet,** p. p. a., turned away, far.
ab'wiegen, v. intr. sep., to weigh (out).
Achat', m., **-s, -e,** agate.
Ach'se, f., axis.
A'ckererde, f., soil, cultivated land.
Addition', f., addition, synthesis.
Adhäsion', f., adhesion.
Affinität', f., affinity.
Aggregat'zustand, m., **-es, ¨-e,** state of aggregation, aggregate state.
aggregie'ren, v. tr., to aggregate.
ähn'lich, a., like, similar, resembling.
Alka'li, n., **-s, -en,** alkali.
alka'lisch, a., alkaline.
Alkaraz'za, f. pl., **-s,** porous earthen vessel for cooling water, gurglet.
Al'kohol, m., **-s, -s,** alcohol.
alkoho'lisch, a., alcoholic.
all, a., all.
allein', a., alone; conj., but.
allgemein', a., common, usual, general; **im allgemeinen,** in general.
allmäh'lich, a., gradual, gradually, by degrees.
allsei'tig, adv., on all sides, universally.
all'seits, adv., all together, on all sides.
als, conj., as, when, than.
also', adv. and conj., therefore.
Al'tertum, n., **-s, ¨-er,** antiquity, olden times.
Alumi'nium, n., **-s,** no pl., aluminium.
Alumi'niumdraht, m., **-es, ¨-e,** aluminum wire.
Amalgam', n., **-s, -e,** amalgam.
Ammon', n., **-s, -e,** ammonium, (NH_4) see **salpetersaures Ammon.**
Ammoniak', n., **-s,** no pl., ammonia.
Ammoniak'gas, n., **-es, -e,** ammonia, ammonia gas.
Ammoniak'salz, n., **-es, -e,** ammonium salt.
Ammoniak'verbin'dung, f., ammonia compound.
amorph', a., amorphous, shapeless, non-crystalline.
an, prep. dat. and acc., at, on, to, in, by.
Analy'se, f., analysis, decomposition.
an'bringen, v. sep. tr., to place, to put in position, attach.

an'dauernd, a., continual, permanent, permanently.

an'der, a., other.

än'dern, v. tr. intr., to change, alter.

Än'derung, f., alteration, change.

an'deuten, v. tr sep., to indicate, point out, suggest, hint.

an'einander, adv., to one another, to each other.

an'einanderhaf'ten, v. sep. intr., to adhere (one to the other).

an'fänglich, a., original, primitive, initial; adv., in the beginning.

an'fangs, adv., in the beginning, at first.

An'fangsbuch'stabe, m., **-ns, -n,** initial letter.

An'fertigung, f., preparation, manufacture.

an'fühlen, v. tr. sep., to feel, touch, handle.

An'gabe, f., list, statement, plan, sketch.

an'geben, v. sep. tr., to state, affirm, mention, determine, enter, give, point out, indicate.

an'gehören, v. intr. sep., to belong to, appertain to.

an'gesäuert, a. p. p., acidulated.

an'greifen, v. tr. sep., to attack, act upon.

an'hängen, v. tr. sep., to attach, supplement, hang on.

an'häufen, v. tr. sep., to accumulate, heap up.

An'ker, m., **-s, -,** anchor, keeper, armature.

an'kommen, v. sep. intr., to arrive, reach.

an'legen, v. sep. tr., to set, put or place on, attach, apply.

an'liegen, v. intr. sep., to lie, be in position, be placed, rest.

an'nähern, v. tr. sep., to approach, bring near; **angenähert,** p. p. a., adjacent, near.

An'näherung, f., approaching, bringing up to.

An'nahme, f., assumption, adoption, reception.

an'nehmen, v. sep. tr., to assume, to accept, to take.

an'ordnen, v. tr. reflex. sep., to arrange, put in order, be arranged, form.

An'pflanzen, n., **-s, -,** planting.

an'pressen, v. sep. tr., to press or squeeze against.

an'sammeln, v. sep. tr., to collect, gather, assemble.

An'sammeln, n., **-s, -,** collecting.

An'sammlung, f., collecting, accumulation.

an'schliessen, v. sep. tr., to fasten, fit, join, attach, connect.

an'sehen, v. sep. tr., to look at, regard, examine, consider.

an'setzen, v. tr. intr. sep., to set on, apply to, fix, gather, form, produce.

An'spruch, m., **-s, ¨-e,** claim, consideration; **in Anspruch nehmen,** consider.

an'stellen, v. tr. sep., to perform, arrange, prepare, bring about.

Anthrazit', m., **-s, -e,** anthracite, hard coal.

Antimon', n. (m.), **-s, -e,** antimony.

Antimon'chlorid', n., **-s, -e,** chloride of antimony.

an'wenden, v. sep. tr., to employ, make use of, apply to.

An'wendung, f., employment, use, adaptation, application.

An'wesenheit, f., presence.

An'zahl, f., no pl., number, quantity.

An'zeige, f., sign, mark, indication, information, characteristic.

an'zeigen, v. sep. tr., to indicate, point out, show, declare, announce.

an'ziehen, v. sep. tr. and reflex., to draw, pull, attract, have affinity for.

An'ziehung, f., act of drawing, attraction.

an'zünden, v. tr. sep., to set fire to, light, kindle.

An'zünden, n., **-s, -,** ignition, setting fire.

Apparat', m., **-es, -e,** apparatus.

Äqua'tor, m., **-s, pl., Äquato'ren,** equator.

Äquatorial'gegend, f., equatorial regions.

Äquatorial'strom, m., **-es, ¨-e,** equatorial current or stream.

Arm, m., **-es, -e,** arm, branch, cross-bar.

Armatur', f., armature, keeper (of magnet).

Arsen', n., **-s,** no pl., arsenic.

Art, f., way, kind, manner, fashion; **auf diese Art,** in this way.

Asbest', m., **-es, -e,** asbestos.

ä'stig, a., branched, ramified.

astrono'misch, a., astronomical.

Ä'ther, m., **-s, -,** ether.

at'men, v. tr. intr., to breathe.

At'men, n., **-s, -,** breathing, respiration.

Atmosphä're, f., atmosphere.

atmosphä'risch, a., atmospheric(al).

At'mungsorgan', n., **-s, -e,** respiratory organ.

At'mungsprozess', m., **-es, -e,** breathing (process).
Atom', n., **-es, -e,** atom.
Atom'gewicht', n., **-s, -e,** atomic weight.
Atom'lehre, f., atomic theory.
ät'zend, a., caustic, corrosive, biting.
Ätz'kalk, m., **-es, -e,** quicklime, caustic lime.
auch, adv. and conj., also, too, even.
auf, prep. dat. and acc., on, at, upon, to, in.
Auf'bau, m., **-s, -e,** constructing, building, formation.
auf'bauen, v. sep. tr., to build, erect, construct, build up.
auf'bewahren, v. sep. tr., to keep, save, guard, store up, preserve.
Auf'bewahren, n., **-s, -,** preservation, storing.
auf'blähen, v. tr. sep. reflex., puff up, swell up, increase in volume, expand.
auf'einanderfol'gend, a., successive, consecutive.
auf'einanderlegen, v. tr. sep., to put or place one on the other, superpose.
auf'einanderstellen, v. tr. sep., to place or put one on top of the other, to superpose.
auf'einanderwirken, v. intr. sep., to act one upon the other, mutually affect one another.
auf'fallen, v. intr. sep. (dat.), notice, attract notice, attract attention.
auf'fangen, v. tr. sep., to collect, catch, take up.
Auf'fangsstange, f., conductor.
auf'flammen, v. intr. sep., to blaze, take fire.
auf'giessen, v. tr. sep., to pour (on).
Auf'giessen, n., **-s, -,** pouring (on).
auf'hängen, v. sep. tr. and reflex., to hang, to put up.
auf'heben, v. tr. sep., to raise, lift up, (**gegenseitig** or reflex.) to be neutralized, to neutralize each other, compensate.
auf'hören, v. intr. sep., to cease, stop.
Auf'hören, n., **-s, -,** ceasing, cessation, termination.
auf'liegen, v. intr., to rest (on), lie, be on top, (of a cover) be on.
Auf'liegen, n., **-s, -,** contact, resting upon, putting on.
auf'lösen, v. tr. sep., to dilute, dissolve, analyze, reduce, decompose, liquefy, melt, volatilize.
Auf'lösen, n., **-s, -,** reduction,

disintegration, liquefaction, volatization.

Auf'lösung, f., solution, reduction.

Auf'lösungswär'me, f., heat of (or required for) solution, or decomposition, heat lost in solution.

Auf'nahme, f., reception, receiving, taking up, holding.

auf'nehmen, v. sep. tr., to take up, receive, absorb, suck up or in.

Auf'nehmen, n., **-s, -,** taking up, receiving.

auf'recht, adv., upright, straight.

auf'rechtstehend, a., upright.

auf'richten, v. tr. reflex. sep., to raise up, stand up, rise up.

auf'ruhen, v. intr. sep., to rest (upon).

Auf'sammeln, n., **-s, -,** collecting, gathering, condensing.

auf'schäumen, v. intr. sep., to foam, boil, effervesce.

auf'schieben, v. sep. tr., put off, delay, retard, push open.

auf'schrauben, v. tr. sep., to screw on.

auf'setzen, v. tr. sep., to erect, set up, place, attach.

Auf'spritzen, n., **-s, -,** sprinkling.

auf'stehen, v. intr. sep., to stand, stand up, rest.

auf'steigen, v. sep. intr., to rise, mount, ascend.

Auf'steigen, n., **-s, -,** rising, ascending.

auf'stellen, v. tr. sep., to set up, put up.

auf'stützen, v. tr. sep., to prop up, support.

auf'treten, v. intr. sep., to appear, occur.

auf und ab, adv., to and fro, up and down.

Auf'wand, m., **-s, ¨-e,** expenditure, cost.

auf'wärts, adv., upward, up.

auf'werfen, v. tr. sep., to throw or cast up; **aufgeworfen,** p. p. a., bulging, burred.

Au'ge, n., **-s, -n,** eye.

Au'genblick, m., **-s, -e,** moment, instant.

au'genblicklich, a., instantaneous, immediate; adv., at once, for the time being.

aus, prep. dat., out of, from.

aus'atmen, v. tr., to exhale, breathe out.

Aus'atmungsprodukt', n., **-s, -e,** product of respiration.

aus'bilden, v. tr. sep., to form, develop, perfect, improve.

Aus'bildung, f., formation, development.

aus'blasen, v. tr. sep., to blow out, extinguish.

aus'dehnen, v. sep. tr. and reflex., to expand, stretch, spread, dilate.

aus'dehnsamflüssig, a., ductile liquid, expansible, gaseous.

Aus'dehnsamkeit, f., no pl., ductility, expansibility, tensibility, malleability.

Aus'dehnung, f., expansion, extension, distension, dimension, extent.

aus'drücken, v. sep. tr. and reflex., to stamp, to impress, express.

aus'einanderbringen, v. tr. sep., to separate, part.

aus'einanderfallen, v. intr. sep., to fall apart, fall to pieces, disintegrate.

aus'einanderstellen, v. tr. reflex. sep., to separate, take a position far from one another.

aus'einandersträuben, v. intr. sep., to stand on end, bristle up.

aus'einanderweichen, v. sep. intr., to bulge out, to become disjointed.

Aus'einanderzer'rung, f., pulling apart, separation.

aus'fliessen, v. sep. intr., to flow out, emanate, issue.

Aus'fliessen, n., **-s, -,** issuing, outflow, flow.

aus'führen, v. tr. sep., to carry out, execute, perform, develop.

aus'füllen, v. tr. sep., to fill (up), fill out.

aus'gebildet, a., perfect, well-[defined.

aus'gehen, v. sep. intr., to go out, to end, terminate.

aus'gleichen, v. tr. reflex. sep., to equalize, neutralize.

Aus'gleichstemperatur', f., equilibrium temperature, ultimate temperature to which a mixture settles.

aus'glühen, v. tr. intr. sep., to heat red-hot, be red-hot, glow.

aus'höhlen, v. tr. sep., to hollow (out).

aus'kleiden, v. sep. tr., to line, coat, cover, strip.

Aus'lader, m., **-s, -,** discharger.

aus'machen, v. tr. sep., to constitute, compose.

Aus'nahme, f., exception.

aus'reichend, a., sufficient, ample, competent.

aus'scheiden, v. tr. intr. sep., to separate, be separated, be disengaged, be secreted.

Aus'scheidung, f., separation, secretion, giving off.

au'ssen, adv., out, outside, without, outwards.

Au'ssenseite, f., exterior, outside.
Au'ssenwelt, f., external world, outer world.
au'sser, prep. dat., outside of except(ing); conj., besides, beside.
äu'sser, a., outer, outside, external.
au'sserdem, adv., besides, moreover, in addition.
au'sserhalb, prep. gen., outside of; adv., outside.
äu'ssern, v. tr., to show, evidence, prove, utter, manifest.
äu'sserst, adv., extremely.
aus'setzen, v. tr. sep., to expose, to submit to.
aus'spinnen, v. tr. sep., to spin out.
Aus'spruch, m., **-es,** ¨**-e,** saying, dictum, statement, decision.
aus'sprühen, v. tr. intr. sep., to shoot out, be thrown out.
aus'strahlen, v. tr. sep., to radiate, emit, shed, cast off.
aus'strömen, v. intr. sep., to flow out, stream or rush forth, issue, escape.
Aus'strömen, n., **-s, -,** issuing, flow.
Aus'strömungsröh're, f., delivery-tube.
aus'treiben, v. tr. sep., to expel, drive out.
aus'treten, v. intr. sep., to go out, issue, break out, emerge.
aus'üben, v. sep. tr., to practice, to exercise, exert.
Aus'weichung, f., deviation, deflection.
aus'zeichnen, v. tr. reflex. sep., to mark out, point; reflex., to be distinguished, marked.
aus'ziehen, v. sep. tr., to draw out, pull, extract, stretch, distort.

B.

Bach, m., **-es,** ¨**-er,** brook.
Bad, n., **-es,** ¨**-er,** bath.
bald, adv., soon; **bald...bald,** now...now.
Ballon', m., **-s, -s,** or **-s, -e,** balloon, globular receiver, flask.
Bär'lappsame, m., **-ns, -n,** lycopodium spore, spores of club-moss, lycopodium powder.
Ba'ryum, n., **-s,** no pl., barium.
Ba'ryumsalz, n., **-es, -e,** barium salt.
Ba'se, f., base.
ba'sisch, a., basic.
Batterie', f., battery.
Bau'gerippe, n., **-s, -,** framework.
Bau'werk, n., **-es, -e,** building, frame.
Beant'wortung, f., answer, answering.
bede'cken, v. tr., to cover, hide.
Bede'cken, n., **-s, -,** covering.

beden'ken, v. tr. reflex., to consider, examine; **sich—,** be doubtful, pause.

bedeu'tend, a., significant, important, considerable, large.

bedie'nen, v. tr. reflex., to serve; **sich einer Sache bedienen,** to use, employ.

bedin'gen, v. tr., to. limit, restrict, settle, depend, be dependent upon, effect.

beein'flussen, v. tr., to influence, have effect upon.

befes'tigen, v. tr., to fasten, attach, fix, strengthen.

befeuch'ten, v. tr., to dampen, wet, moisten.

befin'den, v. tr. reflex., to be, to be situated.

befind'lich, a., situated, placed, being (somewhere).

beför'dern, v. tr., to accelerate, quicken, hasten, favor, advance, promote, express.

Beför'derung, f., acceleration, furtherance, advancement.

befreun'det, a., of different polarity, opposite.

begeg'nen, v. tr., w. dat., to meet, chance upon, encounter.

begie'rig, a., greedy, eager, desirous.

begin'nen, v. tr., to begin, do.

beglei'ten, v. tr., to accompany.

begren'zen, v. tr., to bound, limit, enclose.

begrün'den, v. tr., to establish, formulate.

begün'stigen, v. tr., to favor, aid, assist, further.

behal'ten, v. tr., to keep, retain.

behan'deln, v. tr., to treat, manipulate, handle.

Behand'lung, f., manipulation, use, handling, treating, treatment.

bei, prep. dat., at, with, by, in.

bei'behalten, v. tr. sep., to keep, preserve, retain.

bei'de, pron. and adj., both, the two.

bei'gesellen, v. tr. sep., to unite, join, associate.

beina'he, adv., nearly, almost.

Bei'spiel, n., **-s, -e,** example, instance.

bekannt', a., known, well known, familiar.

Beklei'dung, f., clothing, dress.

bekom'men, v. tr., to get, receive, obtain.

belas'sen, v. tr., to leave.

Belas'tung, f., load, burden, charge.

bele'gen, v. tr., to coat, overlay, line.

Bele'gung, f., coating, covering.

Beleuch'tung, f., illumination, (artificial) lighting.

belie'big, a., any, any one [you please], any one [no matter

which]; adv., as you please, at liberty, at pleasure.

bemerk'bar, a., noticeable, perceptible.

bemer'ken, v. tr., to remark, see, perceive, notice, observe, note down.

benach'bart, a., neighboring.

benet'zen, v. tr., to wet, moisten, sprinkle.

benut'zen (also **ü**), v. tr., to use, profit by, utilize.

Benüt'zung, f., use, application.

Benzin', n., **-s,** no pl., benzine.

beob'achten, v. tr., to observe, examine, look at.

Beob'achtung, f., observation, observance of.

Beob'achtungsort, m., **-es, -e,** place of observation.

bequem', a., easy, comfortable.

berech'nen, v. tr., to calculate, compute, estimate, value, appraise, reckon.

berei'ten, v. tr., to prepare, get ready.

bereits', adv., already.

Berei'tung, f., preparation, manufacture.

Berg, m., **-es, -e,** mountain.

Berg'kristall', m., **-s, -e,** rock crystal, quartz.

Bern'stein, m., **-s, -e,** amber.

beru'hen, v. intr., **auf etwas beruhen,** to be founded on, based on, stand on, depend on.

berüh'ren, v. tr., to touch, graze, handle, stir.

Berüh'ren, n., **-s, -,** touching, stirring, contact.

Berüh'rung, f., contact.

Beschaf'fenheit, f., nature, make-up, character.

Beschlag', m., **-es, ¨-e,** efflorescence, coating, dimness, lining.

beschla'gen, v. tr. reflex., to furnish with, to effloresce, become covered with moisture, steam, sweat.

beschleu'nigen, v. tr., to hasten, quicken, accelerate.

beschrän'ken, v. tr., to confine, limit.

beschrei'ben, v. tr., describe, delineate.

Besei'tigung, f., withdrawal, removal, removing, putting aside.

besit'zen, v. tr., to possess, own, have.

beson'ders, adv., particularly, especially.

bespre'chen, v. tr., to discuss, speak of or about, consider.

bestän'dig, a., continuous, continual.

Bestand'teil, m., **-s, -e,** constituent part, ingredient.

beste'hen, v. intr., to consist, exist, (**aus**) to be composed of, consist of.

Beste'hen, n., **-s, -,** existence, permanence.

bestim'men, v. tr., to determine, persuade, fix, induce, define, regulate, prescribe.

bestimmt', a., fixed, definite.

Bestim'mung, f., fixing, determination, regulation, requirements, decision, definition.

Bestre'ben, n., **-s, -,** tendency, strain.

bestrei'chen, v. tr., to smear, coat.

bestreu'en, v. tr., to sprinkle, cover.

betrach'ten, v. tr., to look at, regard, examine, observe, contemplate.

beträcht'lich, a., considerable.

Betrach'tung, f., observation, inspection.

betra'gen, v. tr., to amount to, to yield; **sich—,** to act, behave.

betref'fend, a., concerned; adv. as prep., regarding, concerning.

betreffs', prep. gen., concerning, as to.

betrü'ben, v. tr., to make turbid, cloud, make murky.

beur'teilen, v. tr., to judge, criticise.

bevor', conj., before.

bewah'ren, v. tr., to protect, shelter, shield, preserve (**vor**) from.

bewe'gen, v. tr. and reflex., to move, stir, set in motion, agitate, toss, excite.

beweg'lich, a., mobile, movable, moving, shifting, flexible.

bewegt', a., agitated, excited, lively.

Bewe'gung, f., motion, movement, excitement, disturbance, mechanics.

Beweis', m., **-es, -e,** proof, evidence.

bewei'sen, v. tr., to prove, show.

bewir'ken, v. tr., to effect, accomplish, cause, bring to pass, produce, provoke, work out.

bewölkt', a., p. p., cloudy, clouded.

Bewusstlo'sigkeit, f., unconsciousness.

bezeich'nen, v. tr., to mark, designate, point out, indicate, denote, describe.

bezie'hen, v. tr. reflex., to refer, apply to.

Bezie'hung, f., relation, reference, regard, connection with.

Bezug', m., **-s, ¨-e,** relation,

reference; **in Bezug auf,** with reference to, in relation to.

bezüg'lich, prep. gen., respecting, relative to, referring to.

bezug'nehmen, v. tr. sep., **auf,** to take into account, have to do with, refer to, concern.

bie'gen, v. tr., to bend, curve, crook.

bil'den, v. tr., to form, shape.

Bil'dung, f., formation, generation, production, development.

bin'den, v. tr., to bind, fasten, combine, connect, confine; **gebundene Wärme,** latent heat; **geb. Elekt.,** bound or latent electricity.

bis, prep. acc. and conj., till, until, to, up to.

bisher', adv., up to now, previous.

biswei'len, adv., at times, sometimes.

blank, a., shiny, shining, bright, polished.

Bla'se, f., bubble, blister, caldron, still, boiler, bladder.

bla'sen, v. intr. tr., to blow.

blass'gelb, a., pale yellow.

Blatt, n., **-es,** ¨**-er,** leaf, blade, plate, sheet.

Blatt'gold, n., **-es, -e,** gold-leaf.

blau, a., blue.

bläu'lich, a., bluish.

bläu'lichweiss, a., bluish white, pale blue.

Blech'stück, n., **-es, -e,** piece of sheet-iron.

Blei, n., **-s, -e,** lead, plummet, plumb-line.

blei'ben, v. intr., to remain, stay, last.

blei'bend, a., permanent.

blei'chen, v. tr., to bleach.

Blei'glanzkristall', m., **-s, -e,** lead-glance or galena crystal (proto sulphide of lead).

Blei'kugel, f., leaden ball or bullet.

Blei'lot, n., **-es, -e,** sounding lead, plumb-line.

Blei'stift, m., **-s, -e,** lead-pencil.

Blitz, m., **-es, -e,** flash, lightning.

Blitz'ab'leiter, m., **-s, -,** lightning-rod.

Blitz'röhre, f., luminous tube, fulgurite, thunder tube, sand tube.

Blitz'schlag, m., **-es,** ¨**-e,** stroke of lightning, flash of lightning.

Blitz'tafel, f., luminous plane.

Blume, f., flower.

Blut, n., **-es,** no pl., blood.

Blut'wärme, f., blood heat, heat of blood.

Bo'den, m., **-s,** ¨**-,** bottom, ground, floor.

Bo'densatz, m., **-es, ¨-e**, deposit, sediment, residuum, precipitate.
Bo'gen, m., **-s, -**, sheet (paper) arch, arc.
Bohr'loch, n., **-es, ¨-er**, hole, bore hole.
Bologne'serfläschchen, n., **-s, -**, Bologna phial.
Bor, n., **-s, -s**, boron.
brau'chen, v. tr., to use, make use of, need, want.
braun, a., brown.
Braun'stein, m., **-es, -e**, manganese dioxide, pyrolusite.
bre'chen, v. tr., to break.
Brei'te, f., breadth, extension, latitude, width.
Brei'tengrad, m., **-es, -e**, latitude, degree of latitude.
brenn'bar, a., combustible.
bren'nen, v. tr., to burn.
Bren'nen, n., **-s, -**, combustion, burning.
Bren'ner, m., **-s, -**, burner.
Brenn'material', n., **-s, -ien**, fuel, combustibles, material for combustion.
Brenn'stoff, m., **-es, -e**, fuel, combustibles.
Brief'wage, f., letter-scales.
brin'gen, v. tr., to bring, put, place, carry.
Brom, n., **-es, -e**, bromine.
Bruch'teil, m., **-s, -e**, fraction, fractional part.
Brü'cke, f., bridge.
Brun'nenwasser, n., **-s, -**, well or spring water.
Buch'stabe, m., **-ns, -n**, letter (alphabet).
Bü'schel, n. (m.), **-s, -**, brush, tuft, bunch.
bü'schelförmig, a., like a brush, in clusters, in tufts.
bü'schelig, a., in tufts, in clusters, bushy, tufted.
Bü'schellicht, n., **-es, -e**, brush, brush discharge.

C.

C., Celsius, Celsius.
Cel'sius, m. inv., Celsius or centigrade thermometer.
Charak'ter, m., **-s, -**, character, nature.
Chemie', f., chemistry.
che'misch, a., chemical, chemically.
Chlor, n., **-s, -s**, chlorine.
Chlor'gas, n., **-es, e-**, chlorine gas.
Chlor'geruch', m., **-s, ¨-e**, chlorine odor.
Chlorid', n., **-s, -e**, chloride.
Chlor'kal'zium, n., **-s**, calcium chloride, Ca Cl_2.
Chlor'kupfer, n., **-s, -**, cupric chloride.
Chlor'li'thium, n., **-s, -s**, chloride of lithium.

Chlor'metall', n., **-s, -e,** chloride, metallic chloride.
Chlor'na'trium, n., **-s, -s,** sodium chloride.
Chlor'silber, n., **-s, -,** silver chloride.
Chlor'wasser, n., **-s, -,** chlorine water.
Chlor'was'serstoff, m., **-es, -e,** hydrochloric acid.
Chlor'was'serstoffgas, n., **-es, -e,** hydrochloric acid gas.
Chlor'was'serstoffsäure, f., hydrochloric acid.
Chrom, n., **-es, -e,** chromium.
cm, Zentimeter, centimeter.
cm³, Kubik'zentimeter, cubic centimeter.

D.

da, adv., there, here; conj., since, as.
dabei', adv., thereby, incidentally, near, besides, by or with it, this, etc.
dadurch', adv., by this means, in this way.
dafür', adv., therefore, for it, that, etc.
dage'gen, adv., on the other hand, to, toward or against it, this, etc.
daher', adv. and conj., therefore, consequently, from this, etc.
damit', adv. and conj., therewith, with that, in order that.
Dampf, m., **-es, ¨-e,** steam, vapor, fumes.
Dampf'bildung, f., formation of steam or vapor, vaporization.
Dampf'blase, f., bubble, steam-bubble.
Dampf'form, f., vapor form.
dampf'förmig, a., vaporous.
Dampf'heizung, f., steam-heating.
Dampf'hülle, f., vapor envelope, nebulous envelope.
Dampf'maschine, f., steam-engine.
dane'ben, adj., by or beside it, them, etc., thereby; **daneben liegend,** adjacent.
dan'ken, v. tr. w. dat., to thank, owe.
dann, adv., then, in that case.
darauf', adv., thereupon, then, next, to or on it, this, etc.
daraus', adv., from it, that, therefrom.
dar'bieten, v. sep. tr., to offer, hand, present, reach.
darin', adv., in it, this, etc., therein.
dar'stellen, v. sep. tr., to represent, picture, describe, take the form of.
darü'ber, adv., over or above it, this, etc.

darun'ter, adv., under(neath); fig., by it, by this, amongst them or these.

daselbst', adv., there, thereat, at or in that place.

dass, conj., that, in order that.

Dau'er, f., duration.

dau'ern, v. intr., to last, endure; **dauernd,** a., permanent.

davon', adv., of or from it, this, etc., therefrom, thereof.

dazu', adv., for or to it, that, these, etc., in addition.

dazwi'schen, adv., in between, between them, these, etc.

De'ckel, m., **-s, -,** cover.

dehn'bar, a., malleable, ductile.

Deklination', f., declination.

Deklinations'nadel, f., declination needle, compass needle.

demnach', adv., accordingly, therefore.

Demonstration', f., demonstration, illustration.

denn, conj., for, because.

den'noch, adv., still, yet, however, nevertheless.

der, die, das, def. art., the.

der, die, das, rel. and dem. pro., who, which, what, that, this.

der'art, adv., so, in such manner, so much.

der'artig, a., so, in such fashion, such, of this or that kind.

der'gleichen, adv., such, like this or that, and so forth, the like.

derje'nige, dem. adj. and pro., that, that one.

dersel'be, dem. pro., the same.

der'zufolge, adv., **der** and **zufolge,** because of this or which, in consequence of this or which, following this or which.

des'halb, adv., therefore, on that account.

Desinfektion', f., disinfection.

desinfizie'ren, v. tr., to disinfect.

Destillation', f., distillation.

Destillations'apparat', m., **-s, -e,** distilling apparatus.

Destillier'blase, f., still (boiler).

destillie'ren, v. tr., to distill.

Destillier'helm, m., **-es, -e,** still-head.

deut'lich, a., clear, distinct, evident, plain.

d. h., das heisst, that is.

d. i., das ist.

Diamant', m., **-en, -en,** diamond.

dicht, a., thick, compact, solid, close; adv., by, close, near, nigh.

Dich'te, f., density, closeness, compactness, thickness.

Dich'tenma'ximum, n., **-s,** (pl.

maxima or **maximen**), maximum density.
dick, a., thick, big.
Di'cke, f., thickness, bigness, size.
die'nen, v. tr., serve, be of use, serve as or for.
dien'lich, a., fit, apt, convenient, suitable, appropriate.
dies, adj. and dem. pro., this, that, latter.
Dige'stor, m., **-s**, **-en**, digester.
Dimension', f., dimension.
Ding, n., **-es**, **-e**, thing, object.
direkt', a., direct, immediately.
Distanz', f., distance, interval.
Divergenz', f., divergence, divergency.
divergie'ren, v. intr., to diverge.
Divergie'ren, n., **-s**, **-**, diverging, divergence.
dividie'ren, v. tr., to divide (arith.).
dm, **Dezimeter**, decimeter.
Don'ner, m., **-s**, **-**, thunder.
Dop'pelfenster, n., **-s**, **-**, double window.
Dop'pelstrom, m., **-es**, ¨**-e**, double current.
dop'pelt, a., double.
Dop'peltür, f., double door, folding door.
dort, adv., there, in that place.
dorthin', adv., that way, thither, there.
Dra'chen, m., **-s**, **-**, kite.
Draht, m., **-es**, ¨**-e**, wire, thread.
Draht'hülle, f., wire covering.
Draht'netz, n., **-es**, **-e**, wire netting.
Draht'seil, n., **-s**, **-e**, wire rope, wire cable.
dreh'bar, a., revolving.
dre'hen, v. tr. and reflex., to turn, revolve, travel, rotate.
Dre'hen, n., **-s**, **-**, turning, revolving.
Dreh'span, m., **-s**, ¨**-e**, turning(s).
Dre'hung, f., turning, revolving.
drei, num., three.
drei'fach, a., threefold, three times, thrice.
drei'mal, adv., three times.
drin'gen, v. intr., to press, penetrate.
dritt, a., third.
Drit'tel, n., **-s**, **-**, third.
dro'hen, v. tr. intr., to threaten, be imminent.
Druck, m., **-es**, **-e**, pressure, stress, strain, expansive force.
drü'cken, v. tr., to press, squeeze, exert pressure.
drum'mondsch, a., Drummond, of Drummond.
Dün'gemittel, n., **-s**, **-**, fertilizer, manure.

Dün'ger, m., **-s, -,** manure, dung.

dun'kel, a., dark; **im Dunkeln,** in the dark.

dünn, a., thin.

dünn'flüssig, a., watery, liquid.

Dunst, m., **-es, ¨-e,** vapor, fume.

Dunst'kü'gelchen, n., **-s, -,** mist globule.

Dunst'menge, f., quantity of vapor.

durch, prep. acc., through, by.

durchaus', adv., throughout, quite, by all means, thoroughly, absolutely.

durchboh'ren, v. sep. and insep. tr., to bore through, to pierce, puncture, perforate.

Durchbre'chung, f., rending, piercing, tearing.

durch'dringen, v. intr. sep., to penetrate, go through.

durch'einan'der, adv., confusedly, in confusion, promiscuously.

durchglü'hen, v. intr., to glow through, heat.

Durchglü'hen, n., **-s, -,** heating.

Durch'messer, m., **-s, -,** diameter.

durchschei'nend, a., translucent.

durchschnei'den, v. tr., to cut, cleave.

Durch'schnittsli'nie, f., diameter, line of section.

durchsich'tig, a., transparent.

durch'strömen, v. intr. sep., to flow through, pass through.

Durchwär'mung, f., warming or heating through.

durchwegs', adv., altogether, usually.

dür'fen, v. aux., may, be permitted.

E.

e., Elektrizität.

e'ben, a., even, level, plane; adv., just, even.

E'bene, f., plane (surface), level, flat plain, level ground.

e'benfalls, adv., likewise, in like manner, at any rate.

ebenso', adv., just as, so, the same, likewise.

e'bensogut', adv., just as well.

e'bensoviel', adv., just as much (many).

Ebonit'platte, f., disc or plate of ebonite.

Ebonit'stäbchen, n., **-s, -,** ebonite-bar.

Ei, n., **-es, -er,** egg.

ei'förmig, a., egg-shaped.

ei'gens, adv., expressly, purposely, especially.

Ei'genschaft, f., property, quality, peculiarity.

ei'gentlich, a., real, actual.

ei'gentümlich, a., proper, characteristic, peculiar to, individual.

Ei'genwärme, f., specific heat, proper heat.

ein, indef. art. and num., a, an, one.

einan'der, adv., one another, each other.

ein'atmen, v. tr. sep., to breathe in, inhale, take into the lungs.

ein'bohren, v. tr. sep., to attach or fix by boring, to bore into, insert.

ein'dampfen, v. tr. sep., to evaporate.

ein'dringen, v. intr. sep., to penetrate, invade, slip or be forced into.

Ein'dringen, n., **-s, -,** penetration, invasion, infiltration.

ein'fach, a., simple, elementary, uncombined.

Ein'fluss, m., **-es, ¨-e,** influence, effect.

ein'führen, v. sep. tr., to introduce, lead, conduct or guide into.

ein'gehen, v. intr. sep., to enter into.

ein'giessen, v. tr. sep., to pour into or on.

Ein'giessen, n., **-s, -,** pouring.

Ein'heit, f., unit, unity, whole, entity.

ei'nig, a. and indef. pro., some, few; united, at one.

Ein'lass, m., **-es. ¨-e,** access, entrance, admission.

ein'leiten, v. tr. sep., to begin, introduce, guide or lead into. prepare, arrange, bring about.

ein'leuchtend, a., evident, obvious.

ein'löten, v. tr. sep., to solder (in).

ein'nehmen, v. sep. tr., to receive, take in, occupy.

ein'richten, v. sep. tr., to arrange, equip, provide, adapt, furnish.

ein'saugen, v. sep. tr., to suck in or up, absorb.

Ein'schalten, n., **-s, -,** connecting in circuit.

ein'schlagen, v. tr. sep., to strike, demolish, wrap; **den Weg einschlagen,** to take the way, go in a direction, take the course.

Ein'schlagen, n., **-s, -,** stroke of lightning, striking.

ein'schliessen, v. sep. tr., to contain, include, shut in.

ein'schmelzen, v. tr. sep., to melt into.

ein'stellen, v. tr. reflex. sep., to put up, adjust, stop; reflex., to set focus.

ein'stens, adv., once, once on a time, formerly.

ein'strömen, v. intr. sep., to flow into, stream into.
ein'tauchen, v. sep. tr., to immerse, dip in.
ein'teilen, v. tr. sep., to divide, separate, distribute.
ein'treten, v. intr. sep., to enter (into), go, walk in, penetrate, begin, happen, occur.
Ein'treten, n., **-s, -,** beginning, entrance.
Ein'tritt, m., **-s, -e,** beginning, entrance, occurence, occasion (of).
ein'wirken, v. tr. sep., to effect, act upon, act; **influenzierend einwirken,** act inductively.
Ein'wirkung, f., action, reaction.
ein'zeln, a., single, individual.
Eis, n., **-es, -er,** ice.
Eis'decke, f., covering of ice, coat of ice.
Ei'sen, n., **-s, -,** iron.
Ei'senbahnschie'ne, f., rail (of railroad).
Ei'senbahnwa'gen, m., **-s, -,** railway car.
Ei'sendraht, m., **-es, ¨-e,** iron-wire.
Ei'senerz, n., **-es, -e,** iron-ore.
Ei'senfeile, f., iron-filing(s).
Ei'senfeilspän'chen, n., **-s, -,** generally pl., iron filing(s).
Ei'senfeilspäne, m. pl., iron filings.
Ei'senkugel, f., iron ball.
Ei'senoxyd', n., **-s, -e,** ferric oxide, Fe_2O_3, ferrous-ferric oxide, Fe_3O_4, magnetic oxide of iron.
Ei'senoxydul'oxyd', n., **-s, -e,** black oxide of iron, ferrous-ferric oxide, mineral magnetite.
Ei'senrohr, n., **-es, -e,** iron-tube.
Ei'senröhre, f., iron tube.
Ei'senrost, m., **-s, -e,** iron rust.
Ei'senstab, m., **-se, ¨-e,** iron bar or rod.
Ei'senstäbchen, n., **-s, -,** iron rod or bar.
Ei'senstück, n., **-es, -e,** piece of iron.
Ei'senstückchen, n., **-s, -,** particle of iron.
Ei'sensulfat', n., **-s, -e,** ferrous sulphate.
Ei'sensulfid, n., **-s, -e,** ferrous sulphide, Fe S.
Ei'senteil, m., **-s, -e,** iron part.
Ei'senteilchen, n., **-s, -,** particle of iron.
Ei'senvitriol', m., **-s, -e,** green vitriol, copperas, ferrous sulphate, Fe SO_4.
ei'sern, a., (of) iron.
Eis'kristall', m., **-s, -e,** ice-crystal.
Eis'maschine, f., ice-machine.
Eis'nadel, f., ice-needle, icicle.

Eis'punkt, m., **-es, -e,** freezing point.
Eis'schale, f., ice-covering, ice-coating.
Eis'schichte, f., ice layer.
Eis'stück, n., **-es, -e,** piece of ice.
Eis'stückchen, n., **-s, -,** piece of ice.
elas'tisch, a., elastic.
Elastizität', f., elasticity.
Elastizitäts'grösse, f., elastic limit, maximum elasticity.
elek'trisch, a., electric(al), electrified.
elektrisie'ren, v. tr., to electrify, charge with electricity.
Elektrisier'maschine, f., electric or electrifying machine.
Elektrizität', f., electricity, electrical charge.
Elektrizitäts'leiter, m., **-s, -,** conductor (of electricity), electrical conductor.
Elektrizitäts'menge, f., quantity of electricity.
Elektrizitäts'qualität', f., kind of electricity, *i.e.*, whether positive or negative.
Elek'tron, n., **-s, (-tra) -en,** electron, amber.
Elektrophor', m., **-s, -en,** electrophorus.
Elektroskop', n., **-s, -e,** electroscope, instrument for measuring electrical charges.
Element', n., **-s, -e,** element.
Elementar'magnet', m., **-s, -e,** molecular or elementary magnet.
empfan'gen, v. tr., to receive, take up, embrace.
empfin'den, v. tr., to feel, sense, be aware of.
Empfin'dung, f., sensation, feeling.
empi'risch, a., empirical.
empor'steigen, v. intr. sep., to rise, mount, go up.
En'de, n., **-s, -n,** end, extremity.
en'den, v. intr. tr., to terminate, end.
en'digen, v. intr., to terminate, end, end with.
end'lich, a., final; adv., at last, finally.
eng, a., narrow, close, tight, small.
eng'lisch, a., English.
entfer'nen, v. tr. and reflex., to remove, go away, recede, part, withdraw.
Entfer'nen, n., **-s, -,** removal, setting aside.
Entfer'nung, f., distance, removal.
entflam'men, v. tr. intr., to fire, set on fire, take fire, light.
entge'gensetzen, v. sep. tr., to

oppose; **entgegengesetzt,** p. p. a., opposite.

enthal'ten, v. tr., to contain, hold, include, signify.

entla'den, v. tr., to discharge.

Entla'dung, f., discharge.

Entla'dungsblitz, m., **-es, -e,** flash of discharge, spark.

Entla'dungsschlag, m., **-es, ¨-e,** shock of discharge, disruptive discharge.

entlo'cken, v. tr., to draw (out).

entspre'chen, v. intr. w. dat., to correspond to, agree with.

entspre'chend, a., prep., corresponding, according to, similar.

entstam'men, v. intr. w. dat., to spring from, come from, originate or rise from.

entste'hen, v. intr., to arise, originate, ensue from, be evolved, be formed, result from.

Entste'hen, n., **-s, -,** see **Entstehung.**

entstan'den, p. p. a., resulting, which has been formed.

Entste'hung, f., origin, rise, formation, source, generation.

Entste'hungsweise, f., origin, manner of arising.

Entste'hungszu'stand, m., **-s, ¨-e,** nascent state, state of formation.

entströ'men, v. intr., to escape, stream out, flow out.

Entwal'dung, f., clearing of timber, deforesting.

entwe'der, conj., either.

entwei'chen, v. intr. w. dat., to escape from, to be given off, vanish, disappear, pass away.

entwi'ckeln, v. tr. and reflex., to develop, evolve.

Entwick'lungsröhre, f., safety-tube, delivery tube.

entzie'hen, v. tr. reflex., to withdraw from, escape from, be beyond.

entzün'den, v. tr. intr., to ignite, take fire.

entzünd'lich, a., inflammable.

Entzün'dung, f., ignition.

Entzün'dungstemperatur', f., igniting temperature, kindling temperature.

Eprouvet'te, f., (last syllable silent), test-tube.

er, per. pron., he, it.

Erd'ball, m., **-s, ¨-e,** globe, earth, terrestrial sphere.

Erd'boden, m., **-s, ¨,** ground, earth (surface).

Er'de, f., earth, ground.

Erd'hälfte, f., hemisphere.

Erd'innere, n., **-n, -n,** interior of the earth.

Erd'kraft, f., pl. **¨-e, magne-**

tische Erdkraft, earth magnetism, terrestrial magnetism.
Erd'magnet', m., **-s, -e,** earth magnet, earth as a magnet.
Erd'magnetis'mus, m., **-, -men,** terrestrial magnetism.
Erd'meridian', m., **-s, -e,** meridian.
Erd'mittelpunkt, m., **-s, -e,** centre of the earth.
Erd'oberfläche, f., surface of the earth.
Erd'radius, m., **-, ien,** radius of the earth.
Erd'rinde, f., earths crust.
Erd'wärme, f., heat of the earth, terrestrial heat.
erfah'ren, v. tr., to undergo, suffer, experience, learn, hear.
erfin'den, v. tr., to invent, discover.
erfol'gen, v. intr., to result, take place, happen, occur, arise.
erfor'derlich, a., requisite, necessary.
erfor'dern, v. tr., to require, demand, call for.
erfül'len, v. tr., to fill.
erge'ben, v. tr. reflex., to result, follow from, prove.
erglü'hen, v. tr. intr., to heat, glow, make or become red hot.
Erglü'hen, n., **-s, -,** heating.
erhal'ten, v. tr., to receive, get, obtain.
Erhal'tung, f., preservation, conservation, maintenance, indestructibility.
Erhe'bung, f., elevation, raising.
erhit'zen, v. tr., to heat, warm.
Erhit'zen, n., **-s, -,** heating.
Erhit'zung, f., heating.
erhö'hen, v. tr. and reflex., to raise, elevate.
Erhö'hung, f., rise, rising, raising, increase.
erkal'ten, v. intr., to become cool, cool off.
Erkal'ten, n., **-s, -,** cooling.
erken'nen, v. tr., to know, distinguish, recognize.
Erken'nung, f., recognizing, recognition, determination.
Erken'nungsmittel, n., **-s, -,** means of recognition, token, test.
erklä'ren, v. tr., to explain, declare.
erklär'lich, a., comprehensible, evident, apparent.
Erklä'rung, f., explanation, declaration.
erlan'gen, v. tr., to obtain, get, receive; **Kenntnis erlangen,** to become aware.
erlei'den, v. tr., to undergo, suffer, sustain.

erleuch'ten, v. tr., to illuminate, light up.

erlö'schen, v. intr., to go out, be extinguished.

ermes'sen, v. tr., to estimate, measure.

Ernäh'rung, f., food, nourishment.

Ernie'drigung, f., lowering, fall.

erör'tern, v. tr., to discuss, talk off.

erre'gen, v. tr., to arouse, excite, incite, agitate.

errei'chen, v. tr., to reach, obtain, attain.

erschei'nen, v. intr., to appear, seem, be revealed.

Erschei'nung, f., phenomenon.

Erschüt'tern, n., **-s, -,** jar, concussion, jarring.

Erschüt'terung, f., agitation, shock, shaking.

erse'hen, v. tr., to remark, notice, see, judge, infer.

erset'zen, v. tr., to displace, take the place of, supply for.

Erset'zung, f., replacement, substitution.

erst, a., first; comp., former; adv., only, not until.

erstar'ren, v. tr., to harden, congeal, freeze, stiffen, solidify.

Erstar'ren, n., **-s, -,** congealing, hardening, freezing, solidification, crystallization.

Erstar'rung, f., solidification, hardening, congealing, crystallization.

Erstar'rungspunkt, m., **-es, -e,** solidifying or hardening point, freezing point, congealing point.

Erstar'rungswär'me, f., heat of (or freed by) solidification, solidifying temperature.

erstre'cken, v. tr. reflex., to stretch, extend, reach.

ertei'len, v. tr., to transmit, impart, communicate, give.

erwäh'nen, v. tr. acc. or gen., to mention.

erwär'men, v. tr., to warm, heat.

Erwär'men, n., **-s, -,** heating.

Erwär'mung, f., heating, warming.

Erwär'mungsstelle, f., place of application (of heat).

erwei'sen, v. tr., to prove, demonstrate.

Erwei'terung, f., enlargement, extension, expansion.

Erz, n., **-es, -e,** ore, bronze.

erzeu'gen, v. tr., to produce.

Erzeu'gung, f., generation, production, manufacture.

erzie'len, v. tr., to attain, achieve, arrive at, do.

es, per. pron., it; (introductory) there.

Es'sig, m., **-s, -e,** vinegar.

etc., et cetera, and so forth (on).

et'wa, adv., about, nearly, perhaps, for instance.

et'was, indef., something, somewhat.

Euro'pa, n., **-s,** Europe.

Exkrement', n., **-s, -e,** excrement.

Expansions'fä'higkeit, f., capability of expansion, expansibility.

Expansiv'kraft, f., pl. ¨**-e,** expansive force or power, tension, elasticity.

Experiment', n., **-s, -e,** experiment.

Explosion', f., explosion.

Extrakt', m. (n.), **-es, -e,** extract, essence.

F.

F., Fahrenheit, Fahrenheit.

fabriks'mässig, adv., in a factory, artificially.

....fach, with numerals, a., fold, times.

Fa'den, m., **-s,** ¨, thread, string.

Fä'higkeit, f., power, capacity.

Fall, m., **-es,** ¨**-e,** fall, case.

fal'len, v. intr., to fall.

Fal'len, n., **-s, -,** falling, precipitation.

Fall'röhre, f., long glass tube, exhausted tube.

falls, conj., in case (that), provided (that).

Far'be, f., color.

Fär'bemittel, n., **-s, -,** coloring agent, dye.

fär'ben, v. tr., to color, dye.

farb'los, a., colorless.

Farb'stoff, m., **-es, -e,** coloring matter, dye.

fas'sen, v. tr., to take, grasp, seize, comprise, comprehend, include, hold, contain; **ins Auge fassen,** to contemplate, consider.

fast, adv., almost.

faul, a., rotten.

Fäul'nis, f., pl., **-se,** putrefaction, decay, rot, decomposition.

Fe'der, f., feather, spring, pen.

Fe'derkiel, m., **-s, -e,** quill.

Fe'derwage, f., spring-scales.

feh'len, v. intr. impers. w. dat., to be lacking, want.

Feh'len, n., **-s, -,** lack, need.

Feil'späne, m. pl., filings.

fein, a., fine, small.

feind'lich, a., hostile, repellant, repelling, of the same polarity.

fein'gepulvert, p. p. a., finely powdered or pulverized.

Fell, n., **-es, -e,** skin, fur.

Fels, m., **-ens, -en,** rock.

Fels'ritze, f., cleft in rock, rock fissure.
fern, a., far; **ferner,** adv., further, farther.
Fern'wirkung, f., distance action, induction.
fest, a., solid, firm, fast, tight.
fest'halten, v. tr. sep., to hold fast, hold on, cling, keep.
Fe'stigkeit, f., tenacity, stability, strength, solidity, hardness.
Fest'land, n., **-es,** ¨**er,** mainland, continent.
fett, a., fat, fatty.
Fett, n., **-es, -e,** grease, fat.
feucht, a., damp, wet, moist.
Feu'er, n., **-s, -,** fire.
Feu'ererschei'nung, f., appearance of fire, fire phenomenon.
Feu'erschlagen, n., **-s, -,** striking fire (with flint and steel).
Feu'erschwamm, m., **-s,** ¨**e,** punk, touchwood, tinder.
Feu'erstein, m., **-s, -e,** flint.
Feu'erzeug, n., **-s, -e,** flint and steel, tinder-box.
feu'rig, a., fiery.
Figur', f., figure, form, shape.
filtrie'ren, v. tr., to filter, filtrate.
fin'den, v. tr., to find.
Fin'ger, m., **-s, -,** finger.
Fin'gerknöchel, m., **-s, -,** knuckle.
Fisch, m., **-es, -e,** fish.
fix, a., fixed, permanent, constant.
flach, a., flat, level, plane.
Flä'che, f., plane surface, surface.
Flä'chenmass, n., **-es, -e,** surface measure.
Flam'me, f., flame.
Fläsch'chen, n., **-s, -,** small flask, phial, vial.
Fla'sche, f., bottle, flask.
fla'schenförmig, a., bottle or flask shaped.
Flaum'feder, f., down, feather.
Fleck, m., **-es, -e,** spot, stain.
Fleisch, n., **-es, -e,** meat.
flies'sen, v. intr., to flow, stream.
Fliess'papier', n., **-s, -e,** blotting paper, filter paper.
Flin'tenku'gel, f., rifle-ball.
flo'ckig, a., flocky, flaky, fluffy.
flüch'tig, a., volatile, superficial, hasty.
Flug'rädchen, n., **-s, -,** whirl.
Flu'or, n., **-s, -s,** fluorine.
Fluss, m., **-es,** ¨**e,** river, stream, flow, current.
flüs'sig, a., liquid, fluent.
Flüs'sigkeit, f., liquid.
Flüs'sigkeitsmas'se, f., mass of liquid.
Flüs'sigkeitso'berfläche, f., surface of (a) liquid.

Flüs'sigkeitsschicht, f., layer of liquid.

Flüs'sigskeitsteil'chen, n., **-s, -,** particle of liquid, drop, molecule.

Flus'spat, m., **-s, -e,** fluorspar, fluoride of calcium.

Fol'ge, f., result, conclusion, consequence.

fol'gen, v. tr. w. dat., to follow, result.

fol'gern, v. tr., to conclude, infer, deduce, draw an inference.

Form, f., form, shape, mould, cast.

For'mel, f., formula.

For'melsprache, f., notation.

Form'verän'derung, f., change in form or shape.

For'schung, a., research, investigation.

fort'brennen, v. intr. sep., to continue to burn, keep on burning.

fort'fliessen, v. intr. sep., to flow off, or away.

fort'pflanzen, v. tr. and reflex. sep., to transmit, spread, generate; reflex., be transmitted.

Fort'pflanzung, f., transmission.

Fort'pflanzungsfä'higkeit, f., transmissibility.

fort'schaffen, v. tr. sep., to carry off or away, remove.

fort'schreiten, v. intr. sep., to progress, advance, proceed.

fort'setzen, v. tr. sep., to continue.

fortwäh'rend, adv., continually, incessantly.

Fra'ge, f., question.

Frank'linsch, a., Franklin's.

frei, a., free.

frei'lassen, v. tr. sep., to leave free, let go.

frei'werden, v. intr. sep., to be freed, escape.

freund'lich, a., attracting, of different polarity.

frie'ren, v. tr., to freeze, congeal.

frisch, a., fresh.

Frö'steln, n., **-s, -,** shivering.

früh, a., early; comp., **früher,** before, former.

Früh'jahr, n., **-es, -e,** spring.

Fuchs'schwanz, m., **-es, ¨-e,** fox-brush, fox-tail.

füh'len, v. tr., to feel.

füh'ren, v. tr., to lead, bear, conduct, guide.

fül'len, v. tr., to fill.

Fundamental'abstand, m., **-s, ¨-e,** fundamental or basic interval or interspace.

Fundamental'punkt, m., **-es, -e,** fundamental point.

Fünk'chen, n., **-s, -,** spark.
Fun'ken, m., **-s, -, Funke,** m., **-ns, -n,** spark.
Fun'kenast, m., **-es, ¨-e,** luminous branches or tufts.
Fun'kensprühen, n., **-s, -,** emission of sparks, scintillation.
Fun'kenzieher, m., **-s, -,** discharger, sparking-rod.
für, prep. acc., for.

G.

g, Gramm, gram.
galva'nisch, a., galvanic.
ganz, a., all, entire, whole.
Gan'ze, n., **-n, -n,** the whole.
gänz'lich, a., whole, entire, total, complete, absolute.
gar, adv., very, quite, even; **gar nicht,** not at all.
Gä'rungsprozess', m., **-es, -e,** process of fermentation.
Gas, n., **-es, -e,** gas.
Gas'ableitungsrohr, n., **-es, -e,** [gas conducting] tube.
Gas'ableitungsröhre, f., [gas conducting] tube.
Gas'blase, f., gas bubble.
Gas'brenner, m., **-s, -,** gas burner, gas jet.
Gas'entwick'lung, f., gas generation, gas production.
Gas'entwick'lungsflasche, f., gas-generating flask, Woulff flask.
Gas'entwick'lungsrohr, n., **-s, -e,** gas production tube, tube for making gas.
Gas'entwick'lungsröh're, f., rubber tubing (for gas production).
Gas'flamme, f., gas-flame.
gas'förmig, a., gaseous.
Gas'gemenge, n., **-s, -,** gas mixture.
ga'sig, a., gaseous.
Gas'mischung, f., gas mixture.
Gas'schichte, f., gas-layer.
Gebäu'de, n., **-s, -,** building.
ge'ben, v. tr., to give, put; impersonal, there is, are, was, etc.
Gebir'ge, n., **-s, -,** mountains, mountain range.
Gebrauch', m., **-s, ¨-e,** use, application, usage, custom.
gebrau'chen, v. tr., to use, make use of.
gebräuch'lich, a., usual, customary, common, used.
geeig'net, a., suitable, fit, proper, appropriate.
Gefahr', f., danger.
Gefäss', n., **-es, -e,** receptacle.
gefrie'ren, v. intr., to freeze, congeal.
Gefrie'ren, n., **-s, -,** freezing.
Gefühl', n., **-s, -e,** (sense of) feeling.
ge'gen, prep. acc., against, to, toward; adv., about, approximately.

Ge'gend, f., region.

Ge'gensatz, m., **-es,** ¨**-e,** contrast, opposition, resistance.

ge'genseitig, a., mutual, reciprocal.

Ge'genstand, m., **-s,** ¨**-e,** object, matter, thing, affair.

gegenü'berbringen, v. tr. sep., to place or bring opposite to.

gegenü'berliegend, a., opposite.

gegenü'berstehend, a., opposite.

Gehalt', m., **-s, -e,** content(s), constituent(s), proportion of.

ge'hen, v. intr., to go, proceed.

gehö'ren, v. intr., to belong (to), be classed (**zu**) among.

gehö'rig, a., proper, suitable, belonging to, concerned, accompanying.

Gehörs'organ', n., **-s, -e,** organ of hearing.

Gehörs'sinn, m., **-es, -e,** sense of hearing.

geiss'lersch, a., Geissler's; **Röhre,** Geissler's tube.

gelan'gen, v. intr., to reach, arrive (at a place), attain.

gelb, a., yellow.

gelb'lich, a., yellowish.

gelb'lichgrün, a., yellowish green.

gelb'lichweiss, a., yellowish-white.

gelind'(e), a., gentle, slight, soft.

gelin'gen, v. intr. impersonal with dat., to succeed, be successful.

gel'ten, v. intr., to be worth, have value, hold good, be true.

Gel'tung, f., value, worth, force; **zur Geltung kommen,** to have full force, to come into full play.

gemäs'sigt, a. p. p., moderate, restricted.

gemein'schaftlich, a., common, mutual.

Gemen'ge, n., **-s, -,** mixture, blending.

genau', a., exact, accurate, precise, true, close, tight, (balance) delicate.

genug', adv., enough, sufficient.

geogra'phisch, a., geographic(al).

geome'trisch, a., geometric(al).

Gera'de, f., straight line.

gera'de, a., straight, vertical, exact; adv., exactly, precisely, just.

gerad'linig, a., straight, in a straight line.

gera'ten, v. intr., to get (somewhere); **ins Glühen geraten,** to catch fire, become red-hot, glow.

geraum', a., ample, for a long time.

Geräusch', n., **-es, -e,** sound, noise.

gering', a., inconsiderable, small, unimportant.

gern(e), adv., readily, willingly, gladly.

Geruch', m., **-s,** ¨**-e,** odor, smell.

geruch'los, a., odorless.

Geruchs'organ' n., **-s, -e,** organ of smell.

Geruchs'sinn, m., **-es, -e,** sense of smell.

gesche'hen, v. intr., to happen, occur.

Geschmack', m., **-s,** ¨**-e,** taste.

geschmack'los, a., tasteless.

Geschmacks'nerv, m., **-es, -en,** gustatory nerve, nerve of taste.

Geschmacks'organ', n., **-s, -e,** organ of taste.

Geschmacks'sinn, m., **-es, -e,** sense of taste.

Geschwin'digkeit, f., velocity, speed.

Gesetz', n., **-es, -e,** law.

Gesichts'sinn, m., **-es, -e,** sense of sight.

Gestalt', f., form, shape, figure.

gestal'ten, v. tr., to shape, mould, form.

gestalt'los, a., amorphous, shapeless.

Gestalt(s)'verän'derung, f., change in form or shape, transformation.

Gestein', n., **-s, -e,** stone, rock, mineral.

Getränk', n., **-s, -e,** liquor, drink.

gewäh'ren, v. tr., to grant, give, allow.

Gewalt', f., force, power, violence, strength.

gewal'tig, a., mighty, tremendous, powerful.

gewalt'sam, a., violent, forcible.

Gewäs'ser, n., **-s, -,** water, body of water.

Gewe'be, n., **-s, -,** web, net, woven fabric or stuff.

Gewicht', n., **-s, -e,** weight.

Gewichts'bestimmung, f., determination of weight.

Gewichts'einheit, f., unit of or by weight.

Gewichts'menge, f., part by weight, volume, quantity.

Gewichts'teil, m., **-es, -e,** part by weight.

Gewichts'teilchen, n., **-s, -,** part by weight.

Gewichts'verhält'nis, n., **-ses, -se,** proportion by or of weight.

Gewichts'zu'nahme, f., increase in weight.

gewin'nen, v. tr., to win, ob-

tain, gather, get, acquire, gain.

gewiss', a., certain, fixed, sure.

Gewit'ter, n., **-s, -**, thunder-storm.

gewöhn'lich, a., usual, ordinary, customary.

gies'sen, v. tr., to pour, mould, cast.

Gift, n., **-es, -e**, poison.

Gift'tal, n., **-es, ¨-er**, poisonous valley.

gif'tig, a., poisonous.

glän'zen, v. intr., to gleam, sparkle, flash, flare.

Glas, n., **-es, ¨-er**, glass.

Glas'ballon', m., **-s, -s**, globular glass receiver, glass flask.

Gläs'chen, n., **-s, -**, small glass, test-tube.

Glas'elektrizität', f., positive electricity (or electrification), electricity developed by rubbing glass with silk, vitreous electricity.

glä'sern, a., (of) glass, vitreous.

Glas'flasche, f., glass-bottle, flask.

Glas'gefäss, n., **-es, -e**, glass vessel, glass-jar.

Glas'glocke, f., bell-glass, bell-jar.

Glas'griff, m., **-es, -e**, glass handle.

glasie'ren, v. tr., to glaze.

Glas'kolben, m., **-s, -**, flask.

Glas'kugel, f., glass ball.

Glas'öffnung, f., opening of a glass.

Glas'pfropf, m., **-es, -e**, glass stopper.

Glas'platte, f., glass plate.

Glas'rand, m., **-es, ¨-er**, rim or brim of a glass.

Glas'rohr, n., **-s, -e**, glass tube.

Glas'röhrchen, n., **-s, -**, (small) glass-tube.

Glas'röhre, f., glass tube.

Glas'scheibe, f., glass disc.

Glas'stab, m., **-s, ¨-e**, glass bar or rod.

Glas'ständer, m., **-s, -**, glass support, upright, insulator.

Glas'stange, f., glass rod.

Glas'tafel, f., glass plate.

Glas'träger, m., **-s, -**, glass support or prop.

Glas'träne, f., Prince Rupert's drop.

Glas'trichter, m., **-s, -**, glass funnel.

Glas'zylinder, m., **-s, -**, glass cylinder.

glatt, a., smooth, polished, slippery.

glatt'geschliffen, a., smoothly polished.

Glau'bersalz, n., **-es, -e**, Glauber's salt, sodium-sulphate, $Na_2\ SO_4$.

gleich, a., equal, equivalent, like, similar; adv., at once, immediately.

gleich'artig, a., similar, of the same kind, homogeneous.

gleich'bedeutend, a., equivalent (**mit**) to, identical.

glei'chen, v. tr. (dat.), to be like, be similar, be equal to.

gleich'förmig, a., even(ly), symmetric(al), uniform, equal.

Gleich'gewicht, n., **-s, -e,** equilibrium, balance.

Gleich'gewichtslage, f., equilibrium, balance, position of equilibrium.

gleich'mässig, a., uniform, even, regular, equal.

gleich'namig, a., like, similar, similarly named, alike in name, of like sign.

gleich'sam, adv., as it were, almost, as good as, to a certain degree.

Glei'chung, f., equation.

gleich'zeitig, a., simultaneous.

glim'men, v. intr., to glow.

Glimm'licht, n., **-es, -e,** electrical glow.

Glo'cke, f., bell-jar, bell.

Glo'ckenspiel, n., **-s, -e,** chimes.

glü'hen, v. intr., to glow, become red hot.

Glü'hen, n., **-s, -,** heating, glowing.

Glüh'hitze, f., glow heat, red heat.

Gnomon', m., **-s, -en,** gnomon, pin or hand of sun-dial.

Gold, n., **-es, -e,** gold.

Gold'blättchen, n., **-s, -,** gold-leaf, thin gold, gold-foil, strip of gold-leaf.

gra'ben, v. tr., to dig.

Grad, m., **-es, -e,** degree, grade, gradation.

Grad'ein'teilung, f., graduation, scale, division into degrees.

Grad'teilung, f., dial, indicator, graduation.

Gramm, n., **-es, -e,** gram.

grau'grünlich, a., grey-green, dull-green.

Grau'pel, f., sleet.

Gren'ze, f., boundary, limit, confine, bound.

Grie'che, m., **-n, -n,** Greek.

gross, a., large, big.

Grös'se, f., magnitude, size, greatness, quantity, dimension.

grün, a., green.

Grund, m., **-es, ¨-e,** bottom, ground, cause, base, foundation, reason.

Grund'erscheinung, f., fundamental phenomenon.

Grund'lehre, f., generally pl., principles, elements.
Grund'stoff, m., **-es, -e,** elementary substance, element.
Grund'versuch', m., **-s, -e,** elementary or fundamental experiment.
Grund'wasser, n., **-s, -,** underground water, ground-water.
Grund'züge, m. pl., first principles, elements.
grün'lich, a., greenish.
grün'lichgelb, a., greenish yellow.
Grup'pe, f., group.
gruppie'ren, v. tr., to group, gather, form.
Gua'no, m., **-s, -s,** guano.
Gum'miballon', m., **-s, -s,** hollow rubber ball, India rubber ball.
Guss'eisen, n., **-s, -,** cast-iron.
gut, a., good; adv., well, good.

H.

Haar, n., **-es, -e,** hair.
ha'ben, v. tr., to have.
haf'ten, v. intr., adhere, stick, cleave.
Ha'gel, m., **-s, -,** hail.
Hahn, m., **-es, ¨-e,** cock, tap.
Häk'chen, n., **-s, -,** small hook.
halbie'ren, v. tr., to bisect, halve.
Halbie'rungsli'nie, f., bisecting line, bisector.
Halb'kugel, f., hemisphere.
Hälf'te, f., half.
Ha'loidsalz, n., **-es, -e,** haloid salt (salts of bromine, chlorine, iodine).
Hals, m., **-es, ¨-e,** neck.
hal'ten, v. tr., to hold, keep.
Ham'merhieb, m., **-es, -e,** blow with hammer.
häm'mern, v. tr., to hammer, forge, pound, beat.
Häm'mern, n., **-s, -,** hammering.
Hand, f., pl. **¨-e,** hand.
Han'del, m., **-s, -,** trade, action.
han'deln, v., intr. and refl., to act, to be at stake, to be a question of, to be, to do.
Hand'fläche, f., flat of the hand, palm.
Hand'griff, m., **-es, -e,** handle, grip.
Hand'habe, f., handle, grip.
Hand'wärme, f., heat of the hand.
Hanf'schnur, f., pl. **¨-e,** hemp cord.
han'gen, v. intr., to be suspended, hang.
hän'gen, v. tr., to hang, suspend.
hart, a., hard.
Här'te, f., hardness.
här'ten, v. tr., to harden, temper.

Hart'gummiplat'te, f., hard-rubber plate or disc.
Harz, n., **-es, e,** resin, resinous body.
Harz'elektrizität', f., negative electricity (or electrification), electricity produced by rubbing resin-rod with fur or flannel, resinous electricity.
Harz'kuchen, m., **-s, -,** resin-cake, cake of resin.
Harz'scheibe, f., resin disc.
Harz'stab, m., **-es, ¨-e,** resin rod.
Harz'stange, f., resin rod.
häu'fig, a., frequent, often.
Haupt'bestand'teil, m., **-s, -e,** chief constituent.
Haupt'nah'rungsmittel, n., **-s, -,** chief food, main means of nourishment.
Haupt'richtung, f., principal or main direction.
haupt'sächlich, adv., chiefly.
Haus'halt, m., **-s, -e,** household.
Haut'fläche, f., skin surface.
hef'tig, a., violent, severe.
heiss, a., hot.
heis'sen, v. tr. and intr., to be called, to call, bid.
Heiz'flamme, f., heating flame, blow-pipe flame.
hell, a., bright, light.
herab'fallen, v. intr. sep., to fall down.
herab'hangen, v. intr. sep., to hang down, be suspended.
herab'laufen, v. intr. sep., to run or flow down.
herab'sinken, v. sep. intr., to sink down.
heraus'bringen, v. tr. sep., to bring out, take out.
heraus'heben, v. tr. sep., to lift out.
heraus'fliessen, v. intr. sep., to flow out.
Heraus'fliessen, n., **-s, -,** outflow, issue, flowing out.
heraus'nehmen, v. tr. sep., to take out.
heraus'treten, v. intr. sep., to come or go out, emerge, come forth.
herb, a., bitter, biting.
Herbst, m., **-es, -e,** autumn.
Herd, m., **-es, -e,** hearth, fireplace, range, stove.
herr'schen, v. tr., to rule, prevail.
her'rühren, v. intr. sep., to originate, come from, arise, result.
her'stellen, v. tr. sep., to make, prepare, establish, produce, construct.
Her'stellung, f., preparation, manufacture, restoration, recovery.
herun'terfallen, v. intr. sep., to fall down, drop.

hervor'gehen, v. intr. sep., to follow, go forth, spring, arise, issue.

hervor'ragen, v. sep. intr., to extend, reach, tower above.

hervor'ragend, a., great, marked, notable.

hervor'rufen, v. tr. sep., to call forth, call out, produce, create.

hervor'treten, v. intr. sep., to come out, appear, emerge.

Heu, n., **-es, -e,** hay.

heut'zutage, adv., now-a-days.

hier, adv., here.

hierauf', adv., hereupon, next, then.

hieraus', adv., from this, hence.

hierbei', adv., by, with, at or in this, that, it, etc., hereby.

hierin', adv., herein, in this, etc., here.

hiernach', adv., accordingly, according to this, after this.

hierzu', adv., in addition to this, to this, it, etc.

Him'mel, m., **-s, -,** sky, heaven.

hin, adv., thither, there, along, to, towards; **gegen....hin,** toward, to; **zu....hin,** to, toward; **auf....hin,** up to, toward.

hinauf'steigen, v. intr. sep., to rise, mount, rise up.

Hin'dernis, n., **-ses, -se,** hindrance, impediment, check, bar, obstacle.

hin'deuten, v. tr. sep., to point out, indicate.

hindurch', adv., through.

hindurch'fallen, v. intr. sep., to fall or drop through.

hindurch'gehen, v. intr. sep., to go through, pass through.

hindurch'leiten, v. tr. sep., to lead, pass or conduct through.

hindurch'schlagen, v. tr. intr. sep., to strike through, go or pass through, traverse.

hinein'fallen, v. intr. sep., to fall into, drop into.

hinein'hängen, v. tr. sep., to hang in.

hin'fallen, v. intr. sep., to fall, fall away.

hinge'gen, adv., on the other hand, conversely.

hin'reichend, a., sufficient, adequate, ample, **(nicht)** insufficient.

hin'sichtlich, prep. w. gen., with respect to, with reference to, regarding, as regards.

hintan'halten, v. tr. sep., to check, hold up, suspend.

hin'ter, prep. dat. acc., behind, in back of; adj., posterior, back, reverse.

hin'- und her'schwenken, v.

tr. sep., to wave or swing to and fro.

hin'weisen, v. intr. sep. **(auf),** to point, indicate, suggest (to).

hinzu'geben, v. tr. sep., to add.

hinzu'setzen, v. tr. sep., to add (to).

Hit'ze, f., heat.

Hit'zekraft, f., pl. ¨**e,** heating-power, calorific intensity.

hl, Hektoliter, hectoliter.

hoch, a., high, lofty, tall; **höchst,** adv., very, extremely.

hoch'halsig, a., long-necked.

hoch'rot, a., bright red, vermilion.

Hö'he, f., height; **in die Höhe,** up(ward).

hohl, a., hollow.

Hohl'mass, n., **-es, -e,** measure of capacity, dry measure.

Hohl'kugel, f., bulb, hollow ball, flask, Florence flask.

Höl'lenstein, m., **-es, -e,** silver nitrate, lunar caustic.

Holun'dermark, n., **-s,** no pl., elder pith.

Holun'dermarkku'gel, f., pith ball, ball of elder-pith.

Holun'dermarkkü'gelchen, n., **-s, -,** elder-pith ball.

Holun'dermarkpen'del, n., **-s, -,** pith-ball pendulum.

Holun'dermarkpen'delchen, n., **-s, -,** pith-ball pendulum.

Holz, n., **-es,** no pl., wood.

Holz'griff, m., **-s, -e,** wooden handle.

Holz'kohle, f., charcoal.

Holz'kugel, f., wooden ball.

Holz'span, m., **-es,** ¨**e,** chip, shaving (of wood).

Holz'stäbchen, n., **-s, -,** block of wood.

Holz'streifen, m., **-s, -,** strip of wood.

Holz'stück, n., **-es, -e,** piece of wood.

Holz'stückchen, n., **-s, -,** piece of wood.

hö'ren, v. tr., to hear.

Horizont', m., **-s, -e,** horizon.

horizontal', a., horizontal, level.

Horizontal'ebene, f., horizontal plane or surface.

huf'eisenför'mig, a., horse-shoe shaped, in the shape of a horse-shoe.

Huf'eisenmagnet', m., **-es, -e,** horse-shoe magnet.

Hül'le, f., coating, wrapper. cover, case.

hül'len, v. tr., to enwrap, wrap up, cover.

Hül'senfrucht, f., pl. ¨**e,** podded vegetables, peas and beans.

hun'derttei'lig, a., centigrade, centesimal.

Hunds'grotte, f., Dog-grotto.

Hüt'chen, n., **-s, -,** socket, cap.
Hydrat', n., **-s, -e,** hydrate.
Hydrargy'rum, n., Latin for mercury, quicksilver.
Hydroge'nium, n., Latin name for hydrogen.

I.

iden'tisch, a., identical, like.
ihr, ihre, ihr, poss. adj. and pron., her, its, their.
im'mer, adv., always; **noch immer,** still.
in, prep. dat. or acc., in, to, at.
indem', conj., while, as, when.
Indifferenz'zone, f., indifference zone, neutral zone.
In'digo, m., **-s, -s,** indigo.
In'digolösung, f., indigo solution.
Induktion', induction.
Induzent', m., **-en, -en,** inducing body.
induzie'ren, v. tr., to induce; **induzie'rend,** a., inducing, inductive; **induziert',** p. p. a., induced.
ineinan'der, adv., one into the other.
Influenz', f., induction, influence.
Influenz'erschei'nung, f., phenomenon of induction.
influenzie'ren, v. tr., to influence, induct; **influenzie'rend,** a., influencing, inducing; **influenziert,** p. p. a., induced, influenced.
Influenz'wirkung, f., induction, inductive action.
infol'ge, prep. gen., in consequence of, on account of.
In'halt, m., **-s, -e,** content(s).
Inklination', f., inclination, dip.
Inklinations'nadel, f., inclination needle, dipping needle.
in'nen, adv., inside.
In'nenseite, f., inside, interior.
in'ner, a., inner, interior, inside.
In'nere, a. as subst. n., **-n, -n,** inside, interior.
in'nerhalb, prep. w. gen., inside of, within.
in'newohnend, a., inherent.
in'nig, a., close, intimate; **innig vermengen,** thoroughly mix.
ins'besonders, adv., particularly, in particular.
insofern'.... als or **wie,** conj., in so far....as.
Instrument', n., **-s, -e,** instrument, tool.
Intensität', f., intensity.
intensiv', a., intense, intensive, strong.
Isola'tor, m., **-s, -en,** insulator.
isolie'ren, v. tr., to insulate.
Isolier'schemel, m., **-s, -,** insulated stool.

Isolie'rung, f., insulation, insulating.

J.

Jahr, n., **-es, -e,** year.
jah'relang, adv., for years.
jähr'lich, a., yearly, annual.
je, adv., ever, with numerals, each, every; w. comp., **je.... desto, je....umso, je....je,** the....the.
je'denfalls, adv., any way, at any rate, in any case.
je'der, dem. adj. and pron., each, every.
je'desmal, adv., every time, each time.
jedoch', adv., however, nevertheless, but.
je nach, prep. dat., according to.
je nachdem', conj., according as, as, even as.
je'ner, adj. and pron., **-e, -es,** that, that one.
jen'seits, prep. w. gen., on the other side of.
jetzt, adv., now, at this (present) time.
Jod, n., **-es, -e,** iodine.
Jod'-Al'kohollösung, f., solution of iodine in alcohol.
Jod'dampf, m., **-es, ¨-e,** iodine vapor or fumes.
Jod'kristall', m., **-e, -e,** iodine crystal.
Jod'-Schwe'felkohlenstofflösung, f., solution of iodine in carbon bisulphide.

K.

Ka'chelofen, m., **-s, -e,** tile stove, German stove.
Kad'mium, n., **-s, -s,** cadmium.
Ka'lilauge, f., potash-lye, caustic potash (solution), potassium hydroxide.
Ka'lisalpe'ter, m., **-s, -,** potassium nitrate, saltpeter.
Ka'lium, n., **-s, -s,** potassium.
Ka'liumnitrat', n., **-s, -e,** potassium nitrate, KNO_3.
Ka'liumsalpeter, m., **-s, -,** potassium nitrate, saltpeter.
Kalk, m., **-es, e,** lime, limestone.
Kalk'brei, m., **-s, -e,** lime-paste, lime for mortar.
kal'kig, a., limy, chalky, calcareous.
Kalk'licht, n., **-es, -e,** calcium light.
Kalk'salpeter, m., **-s -,** calcium nitrate, nitrate of lime.
Kalk'spat, m., **-es, -e,** calc-spar.
Kalk'stein, m., **-es, -e,** limestone.
Kalk'wasser, n., **-s, -,** lime-water.
Kalorie', f., calory.
kalt, a., cold.
Käl'te, f., cold.

Käl'tegrad, m., **-es, -e,** degree of cold.

Käl'temischung, f., freezing mixture.

Kal'zium, n., **-s, -ien,** calcium.

Kal'ziumkarbonat', n., **-s, -e,** calcium carbonate, Ca CO_3.

Kal'ziumoxyd', n., **-s, -e,** calcium oxide, Ca O.

Kamin', m., **-s, -e,** fire-place, chimney.

Kam'pfer, m., **-s, -,** camphor.

Kano'ne, f., cannon, gun.

Kano'nenkugel, f., cannon-ball.

Kan'te, f., edge, corner.

Kap'sel, f., capsule, box, case.

Kattun'lappen, m., **-s, -,** cotton rag or cloth.

käuf'lich, a., commercial, marketable, for sale.

kaum, adv., scarcely, hardly.

Kaut'schuk, m. (n), **-s, -e,** caoutchouc, India-rubber.

Kaut'schukkleidung, f., India-rubber or caoutchouc clothing, diver's suit.

Kaut'schuklappen, m., **-s, -,** piece of India-rubber.

Kaut'schukstreifen, m., **-s, -,** strip of rubber.

keh'ren, v. tr., to turn.

kein, adj. and pron., no, not any, no one, none.

kei'neswegs, adv., by no means, in no way.

Kel'ler, m., **-s, -,** cellar, basement.

ken'nen, v. tr., to recognize, know.

Kennt'nis, f., pl. **-se,** cognizance, notice, observation.

Kern, m., **-es, -e,** kernel, core, heart, center, cone.

Kerz'chen, n., **-s, -,** candle.

Ker'ze, f., candle.

Ker'zenflamme, f., candle-flame.

Ker'zenlicht, n., **-es, -e,** candle light.

Kes'sel, m., **-s, -,** boiler, kettle.

Ket'te, f., chain.

kg, Kilogramm, kilogram.

Kie'selstein, m., **-s, -e,** pebble, gravel-stone.

Kilogramm', n., **-es, -e,** kilogram.

Kis'sen, m., **-s, -,** cushion, rubber.

Kit'ten, n., **-s, -,** cementing.

Klap'pe, f., damper, valve.

klar, a., clear, evident.

kle'ben, v. tr., to stick, attach, paste.

Kleid, n., **-es, -er,** clothes, dress.

klein, a., small, little.

Klein'a'sien, n., **-s,** Asia Minor.

km, Kilometer, kilometer.

Knall'gas, n., **-es, -e,** explosive gas, detonating gas.

Knall'gasflamme, f., oxyhydrogen flame.
kni'stern, v. intr., to crackle, snap, crack, crunch.
Kni'stern, n., **-s, -e,** crackling, snapping.
Kno'chen, m., **-s, -s,** bone.
Kno'chenmehl, n., **-es, -e,** bone-dust, ground bones, bone-manure, superphosphate.
Knopf, m., **-es, ¨-e,** knob, button, proof plane.
Ko'balt, m., **-s, -e,** cobalt.
ko'chen, v. intr. tr., to boil.
Ko'chen, n., **-s, -,** boiling.
Koch'fläschchen, n., **-s, -,** small flask.
Koch'flasche, f., flask.
Koch'kolben, m., **-s, -,** flask (for boiling).
Koch'salz, n., **-es, -e,** common salt.
Koch'salzlösung, f., common salt solution.
Koerzitiv'kraft, f., pl. **¨-e,** coercive force, resistance in iron and steel to magnetization or demagnetization.
Kohäsion', f., cohesion.
Kohäsions'kraft, f., pl. **¨-e,** cohesive force, cohesion.
Koh'le, f., coal, carbon.
Koh'lenberg'werk, n., **-s, -e,** coal mine.
Koh'lenoxyd'gas, n., **-es, -e,** carbon monoxide, CO.
koh'lensauer, a., carbonic.
kohlensaurer Kalk, calcium carbonate, Ca CO_3.
Koh'lensäure, f., carbonic acid (gas), CO_2, carbon dioxide.
Koh'lensäureaus'strömung, f., outflow or escape of carbonic acid.
koh'lensäurehaltig, a., carbonic, aerated, charged.
Koh'lensäurestrom, m., **-es, ¨-e,** carbonic acid stream or current.
Koh'lenstoff, m., **-es, -e,** carbon.
koh'lenstoffhaltig, a., carbonaceous, carboniferous, carbonate.
Koh'lenstückchen, n., **-s, -,** piece of coal, or carbon.
Kokon'faden, m., **-s, ¨,** cocoon or silk thread.
Kol'ben, m., **-s, -,** piston, plunger.
kom'men, v. intr., to come, go.
Kom'pass, m., **-es, -e,** compass.
Kompression', f., compression.
komprimie'ren, v. tr., to compress, condense.
Kondensation', f., condensation.
Kondensations'wärme, f., heat of condensation.
kondensie'ren, v. tr. intr., to condense.

Konduk'tor, m., **-s, -en,** conductor.

kön'nen, v. aux., to be able, can.

konstant', a., constant.

Konstitution', f., constitution, make-up, nature.

konstruie'ren, v. tr., to construct, build, prepare.

Konstruktion', f., construction, making.

Kontraktion', f., contraction.

konzentrie'ren, v. tr., to concentrate.

konzen'trisch, a., concentric.

Kopf, m., **-es,** ¨**-e,** head.

Kork, m., **-es, -e,** cork.

Kork'kugel, f., cork ball or sphere.

Kork'kugeltanz, m., **-es,** ¨**-e,** dance of the cork balls or spheres.

Kork'pfropf, m., **-es,** ¨**-e,** cork, cork-stopper.

Kork'stück, n., **-es, -e,** piece of cork.

Kör'nerfrüchte, f. pl., cereals, grains.

Kör'per, m., **-s, -,** body.

Kör'perparti'kel, f., particle.

Kör'perstelle, f., place on the body.

Kör'perteilchen, n., **-s, -,** molecule.

Kraft, f., pl. ¨**-e,** power, force; **bewegende Kraft,** motive force or power.

kräf'tig, a., strong, powerful, mighty.

Kraft'messer, n., **-s, -,** dynamometer, force-gauge.

Krei'de, f., chalk, crayon.

Kreis, m., **-es, -e,** circle, circuit, course.

kreis'förmig, a., circular.

Kreis'lauf, m., **-es,** ¨**-e,** circulation, revolution, circle.

Kreis'linie, f., circular line, curve.

Kreis'peripherie', f., circumference, circular line.

kreis'rund, a., circular.

Kristall', m., **-s, -e,** crystal.

Kristall'anfang, m., **-s,** ¨**-e,** crystal beginning.

Kristall'bildung, f., crystal formation, crystallization.

Kristall'gestalt', f., crystal form.

kristalli'nisch, a., crystalline, imperfectly crystallized.

Kristallisation', f., crystallization.

Kristallisations'prozess', m., **-es, -e,** process of crystallization.

kristal'lisch, a., crystallized.

kristallisie'ren, v. intr. tr., to crystallize, congeal.

Kristall'wasser, n., **-s, -,** water of crystallization.

krüm'men, v. tr., to bend, curve, crook.

Krüm'mung, f., curvature, contorsion, flexure.

Kubik'de'zimeter, n., **-s, -,** cubic decimeter.

Kubik'inhalt, m., **-s, -e,** cubical contents.

Kubik'zentimeter, m., **-s, -,** cubic centimeter.

Ku'chen, m., **-s, -,** cake.

Ku'gel, f., sphere, ball.

Kü'gelchen, n., **-s, -,** ball, pellet.

Ku'gelfläche, f., spherical surface.

ku'gelförmig, a., spherical.

Ku'gelmittelpunkt, m., **-s, -e,** centre of a sphere.

Ku'gelrohr, n., **-es, -e,** bulb tube.

Ku'gelröhre, f., bulb tube.

Ku'gelvor'lage, f., receiver, bulb receiver.

kühl, a., cool.

Kühl'apparat', m., **-s, -e,** cooler, condenser.

Küh'le, f., cold, coolness.

küh'len, v. intr. tr., to cool, cool off.

kund'geben, v. tr. sep. reflex., to manifest oneself or itself, show itself, come to light.

künst'lich, a., artificial.

Kup'fer, n., **-s, -,** copper.

Kup'ferdrehspäne, m. pl., copper turnings, copper filings.

Kup'fermün'ze, f., copper coin.

kup'fern, a., (of) copper.

Kup'fernitrat', n., **-s, -e,** cupric nitrate, $Cu(NO_3)_2$.

Kup'feroxyd', n., **-s, -e,** cupric oxide.

Kup'ferspä'ne, m. pl., copper-filings.

Kup'ferstab, m., **-s, ¨-e,** bar or rod of copper.

Kup'fervitriol', n. (m.), **-s, -e,** blue-vitriol, copper sulphate.

Kup'fervitriol-Kristall', m., **-s, -e,** copper sulphate crystal.

Kur'bel, f., crank.

kurz, a., short, shortly, in short.

L.

Lack'muspapier', n., **-s, -e,** litmus (paper).

Lack'muspapier'streifen, m., **-s, -,** strip of litmus-paper.

Lack'mustinktur', f., litmus, litmus liquid or tincture.

la'den, v. tr., to charge, load.

La'dung, f., charge, load.

La'ge, f., position, state, situation.

La'genveränderung, f., change in position, displacement.

la'gern, v. intr., to lie, be deposited, be arranged in layers, store, settle.

Läh'mung, f., crippling, laming, maiming.

Lam'penzylin'der, m., **-s, -,** lamp-chimney.

lang, a., long.

lan'ge, adv., for a long time, long.

Län'ge, f., length.

Län'geneinheit, f., unit of length.

Län'genmass, n., **-es, -e,** linear measure.

lang'halsig, a., long-necked.

längs, prep. w. gen., along, along side of.

lang'sam, a., slow, gradual.

Lap'pen, m., **-s, -,** shred, piece, rag.

las'sen, v. tr., to leave, allow, let, permit, have (a thing done).

Last, f., weight, pressure, burden, load.

la'sten, v. intr., to weigh, lie, press.

latei'nisch, a., Latin.

latent', a., latent.

lau, a., luke-warm, tepid.

Lauf, m., **-es, ¨-e,** course.

lau'fen, v. intr., to run, flow.

lau'genhaft, a., alkaline.

Le'ben, n., **-s, -,** life.

leb'haft, a., active, lively, violent.

Le'derkissen, n., **-s, -,** leather-cushion, [rubber of electric machine].

Le'derlappen, m., **-s, -,** piece of soft leather.

le'diglich, adv., solely, merely, simply, exclusively.

le'gen, v. tr., lay, place, put, pass; **zu Grunde legen,** to take as a basis, to start from something as a point or principle.

Le'gen, n., **-s, -,** laying.

Leh're, f., theory, system, doctrine, science.

leh'ren, v. tr., to teach.

leicht, a., easy, light, slight.

Lei'men, n., **-s, -,** gluing.

Lei'nenfaden, m., **-s, ¨-,** linen thread.

Lein'wand, f., no pl., linen.

lei'sten, v. tr., to do, provide, offer.

lei'ten, v. tr., to lead, conduct, pass; **leitend,** a., conducting, conductive.

Lei'ter, m., **-s, -,** conductor.

Lei'tung, f., conduction, passage, passing.

ler'nen, v. tr., to learn.

letzt, a., last; comp., latter.

letzt'genannt, a., last named, latter.

leuch'ten, v. intr., to sparkle, glow, be or become lumi-

nous; **leuchtend,** a., luminous.

Leucht'flamme, f., illuminating flame.

Leucht'gas, n., **-es, -e,** illuminating gas.

Leucht'gasberei'tung, f., manufacture of illuminating gas.

Leucht'kraft, f., pl. ¨**-e,** luminosity, illuminating power.

Ley'dener, a. inv., Leyden (town in Holland).

Licht, n., **-es, -er,** light.

Lich'tenbergsch, a., (of) Lichtenberg('s).

Licht'entwicklung, f., evolution of light.

Licht'erschei'nung, f., light effect, phenomenon of light.

Licht'garbe, f., luminous arc, luminous wreath.

licht'gelb, a., light yellow.

Licht'intensität', f., intensity of light.

Licht'schimmer, m., **-s, -,** gleam of light, glimmer.

Licht'strahl, m., **-es, -en,** light ray, beam.

Licht'wirkung, f., luminous effect.

lie'fern, v. tr., to furnish, produce, give, yield.

lie'gen, v. intr., to lie, be situated, be.

Lie'gen, n., **-s, -,** placing, exposing.

Li'nie, f., line.

Li'nienfunken, m., **-s, -,** spark discharge, line spark.

links, adv., left, to the left (hand).

Li'ter, n. m., **-s, -,** liter.

lo'cker, a., loose, incoherent, disintegrated.

lo'ckern, v. tr., to loosen, break up.

Lo'ckerung, f., loosening, breaking up, disintegration.

Löf'fel, m., **-s, -,** ladle, spoon.

Los, n., **-es, -e,** lot, fate, condition.

lö'schen, v. tr., to quench, slake.

Lö'schen, n., **-s, -,** slaking.

lö'sen, v. tr., to dissolve, reduce; reflex., be soluble.

Lö'sen, n., **-s, -,** solution, reduction.

los'lassen, v. tr. sep., to let go, loose, let fall, free.

lös'lich, a., soluble.

los'reissen, v. tr. sep., to tear apart, free, break away or off.

Lö'sung, f., solution, dissolving.

Lö'sungsflüssigkeit, f., liquid of solution.

Lö'sungsmittel, n., **-s, -,** solvent.

Lö'sungsvermögen, n., **-s, -,** solubility.

Lot, n., **-es, -e,** plummet, plumb line, lead, vertical (line).
Lö'ten, n., **-s, -,** soldering.
Lot'linie, f., vertical, perpendicular, plumb line.
lot'recht, a., perpendicular, vertical, plumb.
Luft, f., pl. ¨**-e,** air.
Luft'abschluss, m., **-es,** ¨**-e,** exclusion of air.
Luft'bläschen, n., **-s, -,** small air-bubble.
luft'dicht, a., airtight.
Luft'druck, m., **-es, -e,** air pressure, pressure of the atmosphere.
luft'erfüllt, p. p., filled with air.
luft'förmig, a., aeriform, gaseous.
Luft'heizung, f., hot air heating.
luft'leer, a., exhausted, void of air.
Luft'pumpe, f., air-pump.
Luft'säule, f., column of air.
Luft'schicht, f., air layer.
Luft'strom, m., **-es,** ¨**-e,** air current.
Luft'strömung, f., air current.
Luft'teilchen, n., **-s, -,** air particle, air molecule.
Luft'zirkulation', f., circulation of air.
Luft'zu'fuhr, f., introduction or supply of air.
Luft'zutritt, m., **-s, -e,** free access of air, admission of air, supply of air.
Lu'pe, f., magnifying glass.

M.

m, Meter, meter.
m³, Kubik'meter, cubic meter.
ma'chen, v. tr., to make, do.
Magne'sium, n., **-s,** pl. **-sien,** magnesium.
Magne'siumlicht, n., **-es, -e,** magnesium light.
Magnet', m., **-es, -e,** magnet.
Magnet'ei'senstein, m., **-es, -e,** magnetic iron-ore, magnetite.
magne'tisch, a., magnetic.
Magne'tischwerden, n., **-s,** no pl., magnetization.
magnetisie'ren, v. tr., to magnetize.
Magnetisie'ren, n., **-s, -,** magnetizing.
Magnetis'mus, m., **-,** pl. **-men,** magnetism.
Magnet'nadel, f., magnetic needle.
Magnet'pol, m., **-es, -e,** magnetic pole.
Magnet'stab, m., **-es,** ¨**-e,** bar-magnet.
Magnet'stäbchen, n., **-s, -,** (small) bar-magnet.
Mäh'ren, n., Moravia.
mal, adv., time, times.
Mal, n., **-s, -e,** time (multiplication).

man, indef. pron., one, we, they, you.
manch, adj., many [a].
manch'mal, adv., often.
Mangan', n., **-s, -e,** manganese.
Mangan'chlorid', n., **-s, -e,** chloride of manganese.
man'gelhaft, a., defective, faulty, imperfect.
man'geln, v. intr. impers. w. dat., to lack, be lacking, want, have need of.
man'nigfaltig, a., manifold, various, diverse.
Man'tel, m., **-s, ¨,** mantle, covering, envelope.
markie'ren, v. tr., to mark, indicate.
Mar'mor, m., **-s, -e,** marble.
Mar'morplatte, f., marble plate.
Mar'morstück, n., **-es, -e,** piece of marble.
Mass, n., **-es, -e,** measure, degree, proportion, size, dimension.
Mas'se, f., mass.
Mas'senteilchen, n., **-s, -,** molecule.
mä'ssig, a., moderate.
massiv', a., massive.
Material', n., **-s, -e (ien),** matter, material, stuff.
Mate'rie, f., matter.
materiell', a., material, of matter.
Mau'er, f., wall.
Mau'ersalpeter, m., **-s, -,** wall saltpeter, calcium nitrate.
mecha'nisch, a., mechanical.
Meer, n., **-es, -e,** sea, ocean.
Mee'resoberfläche, f., sea-level, surface of the ocean.
Mee'resströmung, f., ocean current.
mehr, adv., comp. of viel.
meh'rere, adj. indef. pron., several.
mehr'malig, a., repeated, reiterated, several times.
Mei'le, f., mile. 4.63 English statute miles, 7.42 km.
meist, adv., mostly, generally.
meistens, adv., mostly, usually.
Men'ge, f., quantity, bulk, amount, number.
men'gen, v. tr., to mix, mingle.
Men'nige, f., red-lead, red oxide of lead, minium.
Mensch, m., **-en, -en,** human being, man.
mensch'lich, a., human.
Meridian', m., **-s, -e,** meridian.
merk'lich, a., pereeptible, noticeable, appreciable.
merk'würdig, a., remarkable, worthy of mention.
mes'sen, v. tr., to measure, gauge.
Mes'sen, n., **-s, -,** measuring.
Mes'sing, n., **-s, -e,** brass.

Mes'singdraht, m., **-es,** ¨**e,** brass wire.
Mes'singhohl'zylinder, m., **-s, -,** hollow brass cylinder.
Mes'singkugel, f., brass ball.
Mes'singplatte, f., brass plate, brass disc.
Mes'singstab, m., **-s,** ¨**e,** brass rod or bar.
Mes'singzylin'der, m., **-s, -,** brass cylinder.
Mes'sung, f., measuring.
Mess'versuch', m., **-s, -e,** quantitative experiment.
Metall', n., **-s, -e,** metal.
Metall'chlorid', n., **-s, -e,** metallic chloride, chloride.
Metall'deckel, m., **-s, -,** metal cover.
Metall'draht, m., **-s,** ¨**e,** metal wire.
Metal'leiter, m., **-s, -,** metal conductor.
metal'len, a., metallic, of metal, metal.
Metall'gewe'be, n., **-s, -,** metal net-work, metal tissue, wire netting.
Metall'glanz, m., **-es,** no pl., metallic lustre.
metal'lisch, a., metallic, metal.
Metall'kette, f., metal chain.
Metall'kugel, f., metal ball.
Metall'oxyd', n., **-s, -e,** metallic oxide.
Metall'platte, f., metal plate.
Metall'säulchen, n., **-s, -,** metal upright, metal rod.
Metall'scheibe, f., metal disc.
Metall'spitze, f., metal point.
Metall'stab, m., **-s,** ¨**e,** metal bar or rod.
Metall'stange, f., metal-rod.
Metall'stück, n., **-es, -e,** piece of metal.
Metall'zylin'der, m., **-s,** metal-cylinder, cylindrical tube of metal.
Meteor', n., **-s, -e,** meteor.
Me'ter, n., **-s, -,** meter.
Metho'de, f., method.
me'trisch, a., metric.
mil'chig, a., milky.
mil'dern, v. tr., to weaken, moderate, diminish.
Milet', n., **-s,** Miletus, city in Asia Minor.
millionst', a., millionth.
min'der, a., less.
min'destens, adv., at least.
Mineral', n., **-s, -ien,** mineral.
minera'lisch, a., mineral.
Mineral'quelle, f., mineral spring.
Mineral'wasser, n., **-s,** ¨, mineral water.
Minu'te, f., minute.
mi'schen, tr., to mix, to intermingle.
Mi'schen, n., **-s, -,** mixture, mixing.
Mi'schung, f., mixture.

mit, prep. dat., with.
mit'einander, adv., with one another, each other.
Mit'tagshöhe, f., meridian, altitude.
Mit'tagslinie, f., meridian.
Mit'tagszeit, f., noon-time, noon.
Mit'te, f., middle, center.
mit'teilen, v. tr. sep., to transmit, communicate, share.
Mit'teilung, f., transmission, communication.
Mit'tel, n., **-s**, **-**, means.
Mit'telpunkt, m., **-s**, **-e**, center, central point.
mit'tels, prep. gen., by means of, through.
mit'telst, prep. w. gen., by means of, through.
mit'tler, a., middle, central.
mm, **Millimeter.**
mö'gen, v. aux. tr., may, can.
mög'lich, a., possible.
mög'lichst, adv., as much as possible.
Molekül', n., **-s**, **-e**, molecule.
Molekular'magnet', m., **-s**, **-e**, molecular magnet.
Mo'schus, m., **-**, **-e**, musk.
multiplizie'ren, v. tr., to multiply.
Mün'dung, f., mouth, orifice, opening.
Mün'ze, f., coin.
Musselin', m., **-s**, **-e**, muslin.
müs'sen, v. aux., to have to, must, be compelled.

N.

nach, prep. dat., to, toward, after, according to; **nach und nach**, adv., gradually.
nachdem', conj., after.
Nach'bargegend, f., vicinity, neighboring region.
nach'folgend, a., following.
nach'giessen, v. tr. sep., to continue to pour, to pour more.
Nach'mittag, m., **-s**, **-e**, after noon, past meridian; **des Nachmittags**, P.M.
nach'stehen, v. intr. sep., to stand after, follow.
Nacht, f., pl. ¨**-e**, night.
Nach'weis, m., **-es**, **-e**, detection, index, proof, test.
nach'weisen, v. sep. tr., to prove, demonstrate, establish.
Na'del, f., needle.
na'delförmig, a., needle-shaped.
Na'gel, m., **-s**. ¨, nail, fingernail.
na'he, a., near, adjacent; **Näheres**, particulars, details; **näher**, adv., in detail, closer.
Nä'he, f., **-**, neighborhood, vicinity, nearness.
nä'hern, v. intr. tr. reflex., to approach, bring up to, near.

Nä'hern, n., **-s, -,** approach, approaching, nearing.
nä'herrücken, v. sep. tr., to approach, come nearer.
na'hezu, adv., almost, nearly, but.
na'hestellen, v. tr. sep., to place near.
Nah'rungsmittel, n., **-s, -,** article of food, food.
Na'me, m., **-ns, -n,** name.
näm'lich, a., self-same; adv., namely, that is, of course.
Na'senhöhle, f., nostril.
nass, a., wet.
Na'trium, n., **-s, -s,** sodium.
Na'triumchlorid', n., **-s, -e,** sodium chloride.
Natur', nature.
Natur'körper, m., **-s, -,** natural body.
Natur'lehre, f., natural science.
natür'lich, a., natural, according to nature; adv., of course.
Natur'welt, f., world of nature.
Nea'pel, n., Naples.
Ne'bel, m., **-s, -,** mist, fog, haze.
ne'ben, prep. dat. acc., beside, by, close to, in addition to.
ne'beneinan'der, adv., side by side, in a row.
negativ', a., negative.
neh'men, v. tr., to take.
nei'gen, v. intr. tr., to incline, slope, slant, be inclined.
Nei'gung, f., tendency, inclination, dipping.
nen'nen, v. tr., to call, name.
Netz, n., **-es, -e,** net, netting.
neu, a., new, recent.
neuerdings', adv., recently, of late, anew, once more.
neutral', a., neutral.
Neutralisation', f., neutralization.
neutralisie'ren, v. tr., to neutralize.
nicht, adv., not.
Nicht'metall', n., **-s, -e,** nonmetal.
nichts, indef. pron., nothing.
Ni'ckel, m. n., **-s, -,** nickel.
nie'der, a., lower; adv., down (ward).
nie'derhalten, v. tr. sep., to hold or keep down.
Nie'derschlag, m., **-s, ¨-e,** deposit, precipitate.
nie'derschlagen, v. sep. intr. tr., to settle, precipitate, condense.
nie'dersinken, v. sep. intr., to sink, sink down.
nie'drig, a., low, humble.
nie'mals, adv., never.
Nitrat', n., **-s, -e,** nitrate.
Nitrogen', n., **-s, -e,** nitrogen.
Nitroge'nium, n., Latin for nitrogen.
noch, adv., yet, still, as yet.

Nord'deutschland, n., North-Germany.
Nor'den, m., **-s, -,** North.
Nord'hälfte, f., northern half.
nörd'lich, a., northern, northerly, north.
nord'magne'tisch, a., positively magnetic, north-magnetic.
Nord'magnetis'mus, m., **-,** pl. **-men,** magnetism issuing from north-pole (of magnet) positive magnetism, north-magnetism.
Nord'ostwind, m., **-es, -e,** northeast wind.
Nord'pol, m., **-s, -e,** north pole.
nord'polar', a., positive, issuing from north pole.
Nord'-Süd'linie, f., North and South line.
Normal'barome'terstand, m., **-es, ¨-e,** normal height of the barometer.
nö'tig, a., necessary, needful, requisite.
not'wendig, a., necessary, needful.
Null, f., zero, cipher, nought.
Null'punkt, m., **-es, -e,** zero (point).
nun, adv., now.
nunmehr', adv., now, at this time, by now.
nur, adv., only, just.

O.

ob, conj., whether, if.
o'ben, adv., above, overhead, at the top.
o'ber, a., upper, above.
O'berflä'che, f., surface, upper surface.
O'berflächenstel'le, f., place on the surface, surface point.
o'berflächlich, a., superficial, cursory, perfunctory.
o'berhalb, prep. gen., over above, on the upper side of.
o'big, a., above; **das Obige,** n., the above, foregoing.
obwohl', conj., although.
o'der, conj., or.
O'fen, m., **-s, ¨-e,** stove, furnace.
O'fenschirm, m., **-es, -e,** stove screen, fire screen.
of'fen, a., open.
öff'nen, v. tr., to open.
Öff'nen, n., **-s, -,** opening.
Öff'nung, f., opening.
oft, adv., often.
öf'ter(s), adv., often, frequently.
O'-haltig, sauerstoffhaltig, a., containing oxygen, oxidized.
oh'ne, prep. acc. and conj., without.
Ohr, n., **-es, -en,** ear.
Öl, n., **-s, -e,** oil.
öl'artig, a., oily, oil-like, greasy.
Öl'bad, n., **-es, ¨-er,** oil-bath.

ö'lig, a., oily.
Öl'lampe, f., oil lamp.
Öl'schicht, f., layer of oil.
Operation', f., operation, performance.
ord'nen, v. tr., to order, arrange.
Ord'nung, f., order, arrangement.
orga'nisch, a., organic.
Organis'mus, m., -, pl. men, organism, organic body.
orientie'ren, v. reflex. tr., to find one's way, take bearings, find one's latitude.
Ort, m., -es, -e, place, spot.
O'sten, m., -s, -, East.
öst'lich, a., east, easterly.
Oxyd', n., -s, -e, oxide.
Oxydation', f., oxidation.
Oxydations'fähigkeit, f., oxidizing power.
oxydie'ren, v. tr. intr., to oxidize.
Oxyge'nium, n., Latin for oxygen.
Ozon', n., -s, -s, ozone.
Ozon'geruch', m., -es, ¨-e, smell or odor of ozone.
O'zutritt, Sauerstoffzutritt, m., -es, -e, admission of oxygen.

P.

Papier', n., -s, -e, paper.
Papier'fabrik, f., paper-mill.
Papier'faser, f., paper fibre or filament.
Papier'streifen, m., -s, -, strip of paper.
Pap'pe, f., pasteboard, cardboard.
Pap'pendeckelkap'sel, f., pasteboard box or case.
Papp'scheibe, f., paste-board disk.
Paraffin', n., -s, -e, paraffin.
parallel', parallel.
Pari'ser, adj. inv., Paris[ian], of Paris.
Parti'kelchen, n., -s, -, particle, molecule.
Passat', m., -es, -e, trade-wind.
Passat'wind, m., -es, -e, trade-wind.
pas'send, a., fitting; leicht passend, loosely fitting.
peit'schen, v. tr., to whip, lash.
Pelz, m., -es, -e, fur, skin, fleece (flannel).
Pelz'lappen, m., -s, -, piece of fur, piece of leather.
Pen'del, n., -s, -, pendulum.
Pen'delchen, n., -s, -, pendulum.
Pen'delku'gel, f., pendulum ball.
permanent', a., permanent.
Person', f., person.

Perzent'gehalt', m., **-s, -e,** percentage.
Petro'leum, n., **-s, -s,** petroleum, naphtha.
Pfar'rer, m., **-s, -,** clergyman, pastor.
Pfei'ler, m., **-s, -,** pillar, column, pier, post, foundation.
Pflan'ze, f., plant.
Pflan'zenstoff, m., **-es, -e,** plant or vegetable matter.
Pflan'zenwelt, f., plant world, vegetable kingdom.
Pfropf, m., **-es, -e,** stopper, plug.
Phänomen', n., **-s, -e,** phenomenon.
Phos'phor, m., **-s, -e,** phosphorus.
phos'phorsauer, a., phosphoric.
phosphorsaurer Kalk, phosphate of lime, calcium phosphate.
Phos'phorsäure, f., phosphoric acid H_3PO_4, phosphoric anhydride.
phos'phorsäu'rehaltig, a., phosphoric, containing phosphates.
Phos'phorsäu'relösung, f., phosphoric acid [solution].
Phos'phorverbin'dung, f., phosphorus compound, phosphide.
physika'lisch, a., physical.
physiolo'gisch, a., physiological.
Pisto'le, f., pistol.
pla'stisch, a., plastic.
Platin', n., **-s, -e,** platinum.
Platin'asbest', m., **-es, -e,** platinized asbestos.
Platin'draht, m., **-s, ¨¨,** platinum wire.
Platin'plättchen, n., **-s, -,** platinum plate.
Plat'te, f., plate.
plötz'lich, a., sudden.
pneuma'tisch, a., pneumatic.
Pol, m., **-es, -e,** pole.
polie'ren, v. tr., to polish.
Po're, f., pore.
porös', a., porous.
Porzellan'schale, f., porcelain vessel, dish, cup, tray, or basin.
positiv', a., positive.
Präg'stock, m., **-s, ¨¨e,** die, stamp.
pres'sen, v. tr., to press, squeeze.
pri'ckeln, v. tr. intr., to prick, be sharp, pungent, biting.
Prinzip', n., **-s, -ien,** principle.
Pro'benadel, f., proof needle, proof plane.
Probier'glas, n., **-es, ¨¨er,** test-tube.
Probier'gläschen, n., **-s, -,** test-tube.
proportional', a., proportional, in proportion to.

Prozess', m., **-es, -e,** process, operation, action, reaction.
Puf'fer, m., **-s,** -, buffer.
Pul'ver, n., **-s,** -, powder.
pul'verförmig, a., powdery.
pul'vern, v. tr., to pulverize, powder,
Punkt, m., **-es, -e,** point.

Q.

Quadrat', n., **-s, -e,** square.
Quadrat'meter, n., **-s,** -, square meter.
Quadrat'zentimeter, m. n., **-s,** -, square centimeter.
Qualität', f., quality, kind, species.
Quantität', f., quantity.
quantitativ', a., quantitative.
Quan'tum, n., **-s,** pl. **-ta,** quantity.
Quarz, m., **-es, -e,** quartz.
Queck'silber, n., **-s,** -, mercury, quicksilver.
Queck'silberfa'den, m., **-s,** -, thread or drop of mercury.
Queck'silbermas'se, f., mass of mercury.
Queck'silberoxyd', n., **-s, -e,** mercuric oxide, HgO.
Queck'silber - Thermome'ter, n. (m.), **-s,** -, mercury thermometer.
Queck'silbertröpf'chen, n., **-s,** -, mercury drop or globule.
Queck'silbertrop'fen, m., **-s,** -, drop of mercury.
Quel'le, f., source, origin.
Quell'wasser, n., **-s,** -, spring-water.
Quer'schnitt, m., **-s, -e,** transverse section.

R.

R., Reamur, Reamur.
ra'gen, v. intr., to extend, project.
Rand, m., **-s, ¨-er,** edge, rim.
rasch, a., quick, rapid, hasty.
Rauch, m., **-es, ¨-e, (-e),** smoke, fume, vapor.
rau'chen, v. tr. intr., to smoke, give off fumes.
rauh, a., rough, coarse.
Raum, m., **-es, ¨-e,** space; **leerer Raum,** vacuum.
Raum'inhalt, m., **-s, -e,** volume, solid contents.
Räum'lichkeit, f., space, room, apartment.
Raum'teil, m., **-s, -e,** volume.
Raum'verhältnis, n., **-ses, -se,** proportion by volume, volume relation, space relation.
Rausch'gold, n., **-es, -e,** brass-foil, foliated brass.
Reagens', n., -, pl. **Reagentien,** reagent, test.
Reagenz'papier', n., **-s, -e,** litmus paper, test paper.
reagie'ren, v. intr., to react.

Reaktion', f., reaction.
rech'nen, v. tr., to count, reckon.
recht, a., very, right.
recht'fertigen, v. tr., to justify, warrant.
rechts, adv., right, to the right (hand).
recht'winkelig, a., right-angled.
Re'de, f., speech, talk, question.
reduzie'ren, v. tr., to reduce, deoxidize.
re'ge, a., moving, stirring, mobile, quick.
re'ge wer'den, v., be active, aroused, excited.
re'gelmässig, a., regular(ly), uniform.
re'gen, v. tr., to move, stir, agitate.
Re'gen, m., **-s**, **-**, rain.
Re'gentrop'fen, m., **-s**, **-**, raindrop.
Re'genwasser, n., **-s**, **-**, rainwater.
Region', f., region, section.
reg'nerisch, a., rainy.
regulär', a., regular.
rei'ben, v. tr., to rub, cause friction.
Rei'ben, n., **-s**, **-**, friction, rubbing.
Reib'kissen, m., **-s**, **-**, rubber cushion.
Reib'schale, f., mortar.
Rei'bung, f., friction, rubbing.
Reib'zeug, n., **-s**, **-e**, rubber.
reich, a., rich, abundant, abounding.
rei'chen, v. tr. intr., to reach, extend.
reich'lich, a., abundant, ample.
Reif, m., **-es**, **-e**, frost, hoarfrost, rime.
Rei'fen, m., **-s**, **-**, hoop, ring, tire.
Rei'he, f., row, succession, series.
rein, a., pure, clean.
rei'nigen, v. tr., to cleanse, purify.
Rei'nigung, f., purification, cleansing, purifying.
relativ', a., relative.
respektiv', a., respective, respectively.
Retor'te, f., retort.
Rezipient', m., **-en**, **-en**, receiver, receiving vessel.
Rhom'bus, m., **-**, pl. **-ben**, rhombus.
rich'ten, v. tr. intr., to raise, erect, direct, exert, point, adjust; reflex., turn, adjust oneself.
Rich'tung, f., direction, trend, tendency.
rie'chen, v. tr. intr., to smell.
Riech'stoff, m., **-es**, **-e**, generally pl., perfume, odoriferous substance.
Ring, m., **-es**, **-e**, ring.

Rin'ne, f., groove.
rit'zen, v. tr., to scratch, tear, mark, cut, abrase.
Rohr, n., **-es, -e,** tube, pipe, duct.
Röhr'chen, n., **-s, -,** test-tube, tube.
Röh're, f., tube, pipe.
Röh'renquer'schnitt, m., **-s, -e,** cross-section of tube.
Ro'se, f., rose.
rot, a., red.
rot'braun, a., reddish-brown.
rö'ten, v. tr., to redden.
rot'glühend, a., red-hot.
Rot'glüh'hitze, f., red-heat, glow-heat.
rü'cken, v. tr., to move, approach, shift, shove.
Rück'schluss, m., **-es, ¨-e,** conclusion (from known to unknown), a posteriori.
Rück'sicht, f., consideration, regard, attention.
Rück'sichtnahme, f., consideration, making allowance for.
Rück'stand, m., **-es, ¨-e,** residue.
Ru'he, f., rest, repose, standstill.
Ru'helage, f., equilibrium.
ru'hen, v. intr., to rest, repose, be quiet, be motionless.
Ru'hezu'stand, m., **-es, ¨-e,** state of rest or repose.
ru'hig, a., quiet, still, motionless.
rund'lich, a., round, roundish.
Russ, m., **-es, -e,** soot, lampblack.
Russ'abscheidung, f., separation or deposit of soot.

S.

Saat, f., seed, crops.
sa'gen, v. tr., to say, tell.
Sal'miak, m., **-es, -e,** ammonium chloride, sal-ammoniac.
Sal'miakgeist, m., **-s, -e,** spirits of ammonia, ammonia-solution, liquid ammonia.
Salpe'ter, m., **-s, -,** saltpeter, potassium nitrate, nitrate.
Salpe'terlösung, f., solution of saltpeter, potassium nitrate solution.
salpe'tersauer, a., nitric.
Salpe'tersäure, f., nitric acid, aqua fortis.
Salpe'tersäu'reanhydrid', n., **-s, -e,** nitrogen pentoxide, N_2O_5, anhydrous nitric acid.
salpetersaures Ammon, ammonium nitrate.
salpe'tersaures Kalium, potassium nitrate.
salpetersaures Kupfer, cupric nitrate.
salpetersaures Salz, nitrate, nitric salt.

Salz, n., **-es, -e,** salt, chloride of sodium.
salz'ähnlich, a., like salt, salt-like, saline.
sal'zig, a., salty, acid, saline.
Salz'kristall, m., **-s, -e,** salt crystal.
salz'sauer, a., hydrochloric.
salzsaures Gas, hydrochloric acid gas.
Salz'säure, f., hydrochloric acid, H Cl.
Salz'säurezylin'der, m., **-s, -,** tube containing hydrochloric acid (gas).
sam'meln, v. tr., to take up, gather, hoard up, accumulate.
sämt'lich, a., all (together), all (the).
Sand'fläche, f., sandy surface, sand, sandy plain.
Sand'teilchen, n., **-s, -,** particle of sand.
sät'tigen, v. tr., to saturate.
Sät'tigung, f., saturation.
Satz, m., **-es, ¨-e,** principle, proposition, theorem.
sau'er, a., acid, acidulous.
säu'erlich, a., sourish, tart, acidulous.
Säu'erling, m., **-s, -e,** acidulous water.
Sau'erstoff, m., **-s, -e,** oxygen.
Sau'erstoffauf'nahme, f., taking up [of] oxygen.
Sau'erstoffgas, n., **-es, -e,** oxygen gas.
Sau'erstoffstrom, m., **-s, ¨-e,** oxygen current.
Sau'erstoffverbin'dung, f., oxide, combination or union of oxygen (with).
Sau'erstoffzu'fuhr, f., introduction or supply of oxygen.
Säu'getier, n., **-es, -e,** mammal.
Saum, m., **-es, ¨-e,** edge, bor-
Säu're, f., acid. [der.
Säu'refleck, m., **-es, -e,** acid stain, acid spot.
schäd'lich, a., injurious.
Schäl'chen, n., **-s, -,** dish, evaporating dish.
Scha'le, f., dish, vessel, evaporating dish, pan, peal, rind, coating.
Schall, m., **-es, -e,** report, noise.
Scharnier', n., **-s, '-e,** hinge, joint.
Schat'ten, m., **-s, -,** shadow.
schät'zen, v. tr., to estimate, reckon, put value on.
Schei'be, f., disc.
schei'den, v. tr., to separate, divide, part, decompose.
Schei'dewasser, n., **-s, -,** aqua-fortis, HNO_3, also aqua regia (nitro-hydrochloric acid).
schein'bar, a., apparent.
schei'nen, v. intr., to seem, appear, shine.

Schei'tel, m., **-s, -,** apex, crown, tip.
Schel'lack, m., **-s, -e,** shellac.
Schel'lackstäbchen, n., **-s, -,** shellac rod.
Schen'kel, m., **-s, -,** side, leg, shank.
Sche're, f., fork, shears.
Schicht(e), f., layer.
schich'ten, v. tr., to dispose in layers, bed, arrange, order, divide.
schie'ben, v. tr., to push, shove, displace.
Schiess'pulverfabrikation', f., manufacture of gun-powder.
Schild, m., **-es, -e,** cover, shield.
Schirm, m., **-es, -e,** screen, protection, guard, shade, umbrella.
Schlag, m., **-es, ¨-e,** stroke, beat, blow, beating.
schla'gen, v. tr., to beat, strike, hit, explode.
Schla'gen, n., **-s, -,** beating, striking, stroke.
Schlag'weite, f., striking distance, sparking distance.
Schläm'men, n., **-s, -,** washing, purification.
Schlan'genrohr, n., **-es, -e,** spiral tube, worm.
schlecht, a., bad, poor.
schlechtweg', adv., simply.
Schlei'er, m., **-s, -,** veil, envelope.
schlei'fen, v. tr., to polish, sharpen.
Schleim'haut, f., pl. **¨-e,** membrane.
schlies'sen, v. tr., to close, lock, conclude, infer.
schliess'lich, a., final, conclusive.
Schlies'sungsbogen, m., **-s, -,** circuit-closer, arc.
Schluss, m., **-es, ¨-e,** close, conclusion, inference, deduction, circuit.
schmelz'bar, a., fusible, meltable; **schwer schmelzbar,** difficult to fuse, hard.
schmel'zen, v. tr. and intr., to melt, smelt, fuse, dissolve, liquefy.
Schmel'zen, n., **-s, -,** melting, fusing, smelting, dissolving.
Schmelz'punkt, m., **-es, -e,** melting point.
Schmelz'temperatur', f., melting or fusing temperature, temperature of reduction, solution.
Schmel'zung, f., melting, smelting, fusing.
Schmelz'wärme, f., melting, heat of fusion, fusing or liquefying heat, heat at which a thing melts.
Schmerz, m., **-ens, -en,** pain.
Schmie'deeisen, n., **-s, -,** wrought-iron.

Schmier'mittel, n., **-s, -,** lubricant.
Schnee, m., **-s,** pl. rare, snow.
Schnee'decke, f., snow-covering, fall of snow.
Schnee'teilchen, n., **-s, -,** particle of snow.
Schnee'wasser, n., **-s, -,** snow-water, mixture of snow and water.
schnell, a., quick, rapid, hasty.
Schnur, f., pl. ¨**-e,** cord, string.
schon, adv., already, even.
Schorn'stein, m., **-es, -e,** chimney, flue.
schräg, a., oblique.
Schrau'benfeder, f., screw-spring, spiral spring.
schrei'ben, v. tr., to write.
Schrei'ben, n., **-s, -,** writing.
Schreib'papier', n., **-s, -e,** writing paper.
Schrot'wage, f., level, plumb rule.
schüt'teln, v. tr., to shake.
Schüt'teln, n., **-s, -,** shaking.
schüt'zen, v. tr., to protect, guard.
schwach, a., weak, pale, light.
schwä'chen, v. tr., to weaken, lessen, lower.
Schwan'kung, f., rocking, swaying, oscillation, vibration.
schwarz, a., black.
schwär'zen, v. tr., to blacken.
schwe'ben, v. intr., to float, hover, hang.
Schwe'fel, m., **-s, -,** sulphur.
Schwe'felä'ther, f., sulphuric ether, ethyl ether.
Schwe'felblumen, f. pl., flowers of sulphur, sublimated sulphur.
Schwe'feldampf, m., **-es,** ¨**-e,** sulphur vapor.
Schwe'feleisen, n., **-s, -,** ferrous sulphide, Fe S, (also) pyrites $Fe S_2$.
schwe'felgelb, a., brimstone-yellow, sulphur colored.
Schwe'felkohl'enstoff, m., **-es, -e,** carbon bisulphide.
Schwe'felkristall', m., **-s, -e,** sulphur crystal.
Schwe'felmetall', n., **-s, -e,** metal sulphide, hydrosulphide, metal of sulphur.
Schwe'felquecksilber, n., **-s, -,** mercuric sulphide, black mercury, Hg S.
schwe'felsau'er, a., sulphuric; **schwefelsaures Salz,** sulphate.
Schwe'felsäure, f., sulphuric acid.
Schwe'felsäureanhydrid', n., **-s, -e,** anhydrous sulphuric acid, sulphur trioxide.
Schwe'felsäurehydrat', n., **-s, -e,** sulphuric acid, sulphur trioxide and water.

Schwe'felteil, m., **-es, -e,** sulphur part.

Schwe'felwasserstoff, m., **-s, -e,** hydrogen sulphide.

Schwe'felwas'serstoffgas, n., **-es, -e,** hydrogen sulphide, sulphuretted hydrogen, H_2S (gas).

Schwe'felwas'serstoffwasser, n., **-s, -,** sulphur water, hydrogen sulphide solution.

schwef'lig, a., **schweflige Säure,** sulphurous acid, H_2SO_3, sulphurous anhydride, SO_2.

schwer, a., heavy, weighty, difficult.

Schwe're, f., weight, gravity.

Schwer'kraft, f., pl. ¨**e,** gravitation, force of gravity.

Schwie'rigkeit, f., difficulty.

schwim'men, v. intr., to float, swim.

Schwin'gung, f., oscillation, vibration.

sechs'strahlig, a., having six rays, star-shaped, hexiradiate.

See'höhe, f., altitude, height above sea-level.

se'hen, v. tr., to see.

sehr, adv., very, very much.

Sei'de, f., silk.

Sei'denfaden, m., **-s,** ¨, silk-thread.

sei'denglänzend, a., glossy, silky.

Sei'denschnur, f., pl. ¨**e,** silk-cord.

Sei'denzeug, n., **-es, -e,** silk, silken material.

Sei'fenblase, f., soap-bubble.

Sei'fenwasser, n., **-s, -,** soapy-water, soap-suds.

sein, v. intr., to be.

sein, seine, sein, poss. adj., his, its.

Sei'te, f., side, part; **von Seite,** w. gen., on the part (of).

sel'ber, see **selbst.**

selbst, pron. adv., self; adv., even.

selb'ständig, a., independent.

sel'ten, a., rare, seldom.

sen'ken, v. tr. reflex., to sink, drop, lower.

senk'recht, a., vertical, perpendicular.

set'zen, v. tr., to put, place, set.

Setz'wage, f., level, plumb level.

sich, reflex. pron., self.

Si'cherheitslam'pe, f., miner's-lamp, safety-lamp.

Si'cherheitsventil', n., **-s, -e,** safety-valve.

sicht'bar, a., visible, clear, apparent.

sie, per. pron., she, it.

Sie'deapparat', m., **-s, -e,** boiling apparatus.

sie'den, v. intr., to boil.

Sie'den, n., **-s, -,** boiling, ebullition.

Sie'depunkt, m., **-es, -e,** boiling point.

Sie'detemperatur', f., boiling temperature, boiling point.

Sie'gellack, m. (n.), **-s, -e,** sealing wax.

Sie'gellackstäb'chen, n., **-s, -,** bar of sealing wax.

Sil'ber, n., **-s, -,** silver.

Sil'bermün'ze, f., silver coin.

Sil'bernitrat', n., **-s, -e,** silver nitrate.

Sili'zium, n., **-s, -s,** silicon.

sin'gen, v. tr., to sing.

Sin'gen, n., **-s, -,** singing.

sin'ken, v. intr., to sink, drop.

Sin'ken, n., **-s, -,** sinking.

Sinn, m., **-s, -e,** sense.

Sin'nenwelt, f., material or external world.

Sin'nesorgan', n., **-s, -e,** organ of sense.

sinn'lich, a., pertaining to senses, sensory; **sinn'lich wahrnehmbar,** sensible, perceptible (to the senses).

Sitz, m., **-es, -e,** seat, (electricity) distribution, seat of charge.

sit'zen, v. intr., to sit, rest.

Skaphan'der (skaf-), m., **-s, -,** scaphander, diver's suit.

so, adv. and conj., so, therefore.

sobald', adv. conj., as soon (as).

So'dakristall', m., **-s, -e,** soda crystal, washing-soda, Na_2CO_3.

sodann', adv., then, after that.

So'dawasser, n., **-s ¨-,** soda [water].

sofort', adv., immediately, at once.

sogar', adv., even.

sogenannt', a., so-called.

solan'ge, conj., so long as, while.

solch, adj. and indef. pron., such, such a.

sol'len, v. aux., to be to, have to, ought.

somit', adv., accordingly.

Som'mer, m., **-s, -,** summer.

Som'merszeit, f., summer-time.

son'dern, conj., but.

Son'ne, f., sun.

Son'nenlicht, n., **-es, -e,** sunlight.

Son'nenstrahl, m., **-es, -en,** sun's ray, sun-beam.

Son'nenwärme, f., heat of the sun, solar heat.

Son'nenweiser, m., **-s, -,** sun-dial pin, sun-dial hand, sun-dial.

sor'gen, v. intr. (w. **für**), to provide for, make provision for, look out for.

sorg'fältig, a., careful, heedful.

so'wie, conj., as well as.
sowohl'....als or **wie,** conj., as well...as.
Span, m., **-es,** ¨**-e,** chip, shaving.
Spa'nien, n., no pl., Spain.
span'nen, v. tr., to stretch, span, strain.
Spann'kraft, f., pl. ¨**-e,** tension, elasticity, expansibility.
Span'nung, f., tension, stress.
spät, a., late.
Spei'se, f., food.
spezi'fisch, a., specific.
Spie'gelglas, n., **-es,** ¨**-er,** plate-glass.
spie'len, v. tr. intr., to play, move to and fro.
Spinn'webe, f., cobweb.
spitz, a., pointed, sharp, acute.
Spit'ze, f., point, end, tip, top.
Spit'zenwirkung, f., action of points.
spre'chen, v. tr., to speak, talk, discuss.
sprö'de, a., brittle.
Stab, m., **-es,** ¨**-e,** rod, bar, staff, pin.
Stab'ende, n., **-s, -n,** end of rod.
stab'förmig, a., bar-shaped.
Stab'hälfte, f., half (of the) bar.
Stab'länge, f., bar or rod-length.
Stadt, f., pl. ¨**-e,** city, town.
Stahl, m., **-es,** ¨**-e,** steel.
Stahl'nadel, f., steel needle, steel pin.
Stahl'schlüssel, m., **-s, -,** steel key.
Stahl'spitze, f., steel-point.
Stahl'stab, m., **-es,** ¨**-e,** steel rod or bar.
Stahl'streifen, m., **-s, -,** strip of steel.
Stahl'stück, n., **-es, -e,** piece of steel.
Stahl'teilchen, n., **-s, -,** particle of steel.
stam'men, v. intr., to come from, originate, be derived from.
Stand, m., **-es,** ¨**-e,** place, position, stand, height (of thermometer, etc.).
zu stan'de kom'men, to take place, occur.
Stan'ge, f., rod, bar, stake.
Stan'genschwefel, m., **-s, -,** stick-sulphur, roll-sulphur.
Stanniol', n., **-s, -e,** tinfoil.
Stanniol'bele'gung, f., coating or overlaying with tin-foil.
stark, a., strong, great, violent, stout; adv., strongly, a great deal.
Stär'ke, f., strength, intensity, force, vigor.
starr, a., rigid, stiff, inflexible, solid.

Stativ', n., **-s, -e,** stand, rest, support.
statt, prep. w. gen., instead of.
statt'finden, v. intr. sep., to take place, occur.
statt'haben, v. intr. sep., to occur, take place, happen.
Staub, m., **-es, -e,** dust.
Staub'figu'ren, f. pl., figures.
Stearin', n., **-s, -e,** stearine.
ste'chend, a., biting, caustic, sharp, pungent.
ste'cken, v. tr. intr., to place, put, stick, to be (in a place).
Steck'nadel, f., pin.
ste'hen, v. intr., to stand, to be.
stei'gen, v. intr., mount, rise, ascend.
Stei'gen, n., **-s, -,** rising.
stei'gern, v. tr., to raise, increase, advance.
Stein, m., **-es, -e,** stone, rock.
Stein'salz, n., **-es, -e,** rock salt.
Stel'le, f., place.
stel'len, v. tr., to place, put, stand; reflex., take a position, be placed.
Stel'lung, f., position, place, situation.
stem'men, v. tr. and reflex., to prop, support, to set against.
ster'ben, v. intr., to die.
Stern, m., **-es, -e,** star.
Stern'schnuppe, f., falling star, shooting star.
Stern'warte, f., observatory.
ste'tig, a., continuous, continual, steady, constant.
stets, adv., always, ever, continually.
Stick'stoff, m., **-es, -e,** nitrogen.
Stick'stoffgas, n., **-es, -e,** nitrogen gas.
stick'stoffhaltig, a., nitrogenous.
Stiel, m., **-es, -e,** upright, prop, support.
Stift, m., **-es, -e,** pin, peg, spike, pencil.
Stoff, m., **-es, -e,** matter, substance.
stoff'lich, a., material, in respect to material or matter.
Stoff'teilchen, n., **-s, -,** particle or division of matter.
stö'ren, v. tr., to disturb, trouble, derange.
Stoss, m., **-es, ¨-e,** push, shove, thrust, pushing, knock, blow.
stos'sen, v. tr., to strike, push, meet; w. **auf,** meet, chance upon.
Strahl, m., **-es, -en,** ray, beam.
strah'len, v. intr., to radiate, shine, beam.
Strah'lung, f., radiation.
Stras'se, f., street, road.
sträu'ben, v. tr. reflex., to stand on end, bristle up, offer resistance.

stre'ben, v. intr., to strive, try, tend, have a tendency.
Stre'cke, f., stretch, distance.
stre'cken, v. tr., to stretch, extend; **lang gestreckt,** elongated.
strei'chen, v. intr., to pass, move, stroke, stretch.
Strei'chen, n., **-s, -,** stroking.
Strei'fen, m., **-s, -,** strip.
streng, a., severe.
streu'en, v. tr., to strew, sprinkle.
Strich, m., **-es, -e,** stroke.
Strick'nadel, f., knitting-needle.
Stroh, n., **-es,** no pl., straw.
Stroh'halm, m., **-es, -e,** straw.
Strom, m., **-es, ¨-e,** stream, current.
strö'men, v. intr., to flow, stream, circulate, rush forth.
Strö'men, n., **-s, -,** current, flow.
Strö'mung, f., current, stream, convection, circulation.
Stron'tium, n., **-s, -s, strontium.**
Stück, n., **-es, ¨-e,** piece.
Stück'chen, n., **-s, -,** small piece, particle.
studie'ren, v. tr., to study.
stül'pen, v. tr., to turn up, tilt, put over.
stumpf, a., dull, blunt, obtuse.
stun'denlang, adv., for hours.
stür'zen, v. tr. intr., to overturn, to put or place quickly; intr., to fall.
Stüt'ze, f., support, prop.
stüt'zen, v. tr. reflex., to prop, support; reflex., be based upon.
Sublimation', f., sublimation, process of vaporizing and condensing a solid.
substantiell', a., substantial, in substance.
Substanz', f., substance, matter, material.
Substitution', f., substitution.
Substitutions'formel, f., substitution formula.
su'chen, v. tr., to seek, try, endeavor.
Sü'den, m., **-s, -,** South.
Süd'hälfte, f., southern half.
süd'lich, a., southern, southerly, south.
süd'magne'tisch, a., negatively magnetic, south-magnetic.
Süd'magnetis'mus, m., **-, pl. -men,** magnetism issuing from south-pole (of magnet), negative magnetism, South-magnetism.
Süd'pol, m., **-s, -e,** south pole.
Sulfat', n., **-s, -e,** sulphate.
Sulfid', n., **-s, -e,** sulphide.
Sum'me, f., sum, sum-total.
Symbol', n., **-s, -e,** symbol.
Synthe'se, f., synthesis, combination.
System', n., **-s, -e,** system.

T.

Tabel'le, f., table.
Ta'fel, f., plate, table; **Franklinsche—**, Franklin's plate.
Tag, m., **-es, -e**, day.
Ta'geslänge, f., length of day.
Ta'geslicht, n., **-s, -e**, daylight, sun-light.
tag'täglich, adv., daily, every day.
Tal'ebene, f., valley level, plain.
Talg, m., **-es, -e**, tallow.
tan'zen, v. intr., to dance; **auf und ab tanzen**, dance to and fro.
Ta'schenuhr, f., watch.
Tast'organ', n., **-s, -e**, organ of touch.
Tast'sinn, m., **-es, -e**, sense of touch.
Tat, f., deed, fact; **in der Tat**, in fact.
Tä'tigkeit, f., activity.
tat'sächlich, a., actual, positive, adv., as a matter of fact.
Tau, m., **-es, -e**, dew.
Tau'bildung, f., forming of dew, dew formation.
tau'chen, v. tr., to dip, immerse, dive.
Tau'cherglocke, f., diving bell.
Teer, m., **-es, -e**, tar, coal-tar.
Teil, m., **-es, -e**, part, portion.
teil'bar, a., divisible.
Teil'barkeit, f., divisibility.
Teil'chen, n., **-s, -**, particle, atom, molecule.
tei'len, v. tr., to part, divide.
Teil'strich, m., **-es, -e**, dividing line, cross line, gradation, degree.
Tei'lung, f., division, chart, dial, indicator card.
teil'weis, a., partly, in part.
Temperatur', f., temperature.
Temperatur'än'derung, f., change or variation in temperature.
Temperatur'schwankung, f., variation in temperature.
Temperaturs'erhö'hung, f., rise in temperature.
Temperaturs'ernie'drigung, f., lowering of temperature.
Temperatur'unterschied, m., **-s, -e**, difference in temperature.
Temperatur'verän'derung, f., change or variation in temperature.
Temperatur'zu'nahme, f., increase in temperature.
Temperatur'zu'stand, m., **-s, ¨-e**, temperature (condition).
temporär', a., temporary.
Tenazität', f., non-conductivity, resistance.
Ther'me, f., hot spring, thermal spring.
Thermome'ter, n. (m.), **-s, -**, thermometer.

Thermome'terkugel, f., ball of thermometer.
Thermome'terrohr, n., **-es, -e,** stem or tube of thermometer.
Thermome'terröhre, f., thermometer tube.
thermome'trisch, a., thermometric.
Thermoskop', n., **-s, -e,** thermoscope.
theore'tisch, a., theoretical.
tief, a., deep, low.
Tie'fe, f., depth, bottom.
Tier, n., **-es, -e,** animal.
tie'risch, a., animal.
Tier'stoff, m., **-es, -e,** animal matter.
Tier'welt, f., animal world or kingdom.
Tin'te, f., ink.
Tisch, m., **-es, -e,** table.
Tod, m., **-es, -e,** death.
Ton, m., **-es, -e,** clay.
Ton'gefäss', n., **-es, -e,** earthen or clay vessel.
Topf, m., **-es, ¨-e,** pot, vessel, jar.
total', a., total, entire, whole.
tra'gen, v. tr., to carry, bear, support, endure.
Trä'ger, m., **-s, -,** conductor, carrier, bearer.
Trag'kraft, f., pl. **¨-e,** force of attraction, carrying power.
trän'ken, v. tr., to soak, saturate, impregnate.
tref'fen, v. tr., to hit, strike, meet (with).
trei'ben, v. tr., to drive, conduct, force.
tren'nen, v. tr., to part, separate, divide.
Tren'nen, n., **-s, -,** separation, partition, division.
Tren'nung, f., separation, division, resolution, decomposition.
tre'ten, v. intr., to step, go, (with **zu**) be added to; **an die Stelle treten,** w. gen., take the place of.
Trich'ter, m., **-s,** funnel.
Trich'terröhre, f., funnel-tube, tube funnel, funnel-mouthed tube.
Trink'glas, n., **-es, ¨-er,** drinking glass, glass.
tro'cken, a., dry.
Tro'ckenwalze, f., drier, drying-cylinder.
trock'nen, v. tr. intr., to dry, become dry.
Trock'nen, n., **-s, -e,** drying.
Trog, m., **-es, ¨-e,** trough, tray, pan.
tropf'bar, a., liquid, fluid, guttiform, in drops.
tropf'barflüssig, a., guttiform, liquid.
Tröpf'chen, n., **-s, -,** small drop.
Trop'fen, m., **-s, -,** drop.

Trop'fengestalt, f., drop form.
trotz, prep. gen. dat., in spite of.
trü'b(e), a., cloudy, murky, troubled, turbid.
trü'ben, v. tr. reflex., to make turbid, become turbid, dim, troubled.
Trü'bung, f., turbidness, clouding, cloudiness, dimness.
tubuliert', a., tubulated.
Tuch, n., **-es, ¨-er,** cloth, rag.
Turm, m., **-es, ¨-e,** tower.
Tür'spalte, f., crack in the door.

U.

u. a., unter anderen, adv., among others.
ü'ber, prep. acc. dat., above, over, about, on.
überall', adv., everywhere, in all places, on every side.
ü'bereinan'der, adv., one on the other, one above the other.
Überein'stimmung, f., agreement, concord.
überflüs'sig, a., superfluous, superabundant.
ü'berführen, v. tr. sep., to conduct, convert, pass over, lead.
Überfüh'rung, f., reduction (into fluid or gaseous state).
ü'berfüllen, v. tr. sep., to decant, pour [from one vessel into another].
Ü'bergang, m., **-s, ¨-e,** passage, going over, change, transformation, transition.
ü'bergehen, v. intr. sep., to pass to, go over, proceed to, (in) go over into, pass into.
übergies'sen, v. tr., to cover with, pour.
überhaupt', adv., in general, anyhow, at all.
überkle'ben, v. tr., to paste over, cover, overlay.
überlas'sen, v. tr., to leave, abandon.
Überlee'ren, n., **-s, -,** emptying.
überschrei'ten, v. tr., to exceed.
ü'berschüssig, a., surplus, excess.
ü'berspringen, v. intr. sep., to strike across, jump or spring over.
ü'berströmen, v. intr. sep., to flow over, be transmitted, pass.
ü'bertreten, v. intr. sep., to pass over, go over.
überwin'den, v. tr., to overcome, conquer, surpass.
überzeu'gen, v. tr., to convince, prove to, assure.
überzie'hen, v. tr., to cover (with), coat (with), spread over.
üb'rigbleiben, v. intr. sep., to remain (behind), be left (over).

üb'rigens, adv., moreover, besides.

u. dgl., und dergleichen, and the like.

Uhr'feder, f., watch-spring.

um, prep. acc., around, about, by; adv., about, round; conj., in order to.

um'biegen, v. tr. sep., to bend; **umgebogen,** a., bent.

um'drehen, v. tr. sep., to turn around, invert, turn upside down.

Um'fang, m., **-s, ¨-e,** circumference.

umge'ben, v. tr., to surround, enclose, encircle.

Umge'bung, f., surroundings, environment.

um'gekehrt, a., inversely, reverse, conversely.

umher'spritzen, v. tr. sep., to spatter about, spurt.

umhül'len, v. tr., to wrap, enwrap, cover, veil.

um'kehren, v. tr. sep., to reverse, turn upside down, invert.

um'kommen, v. intr. sep., to die, perish.

um'legen, v. tr. sep., to change, shift, be bent, be curved.

umschlies'sen, v. tr., to surround, enclose.

um'so, conj. adv., all the, so much the; **umso....je,** w. comp., the....the.

um'somehr', adv., so much the more.

Um'stand, m., **-s. ¨-e,** circumstance, condition.

un'abhängig, a., independent, free.

un'bedeckt, a., uncovered, bare, not covered.

un'begrenzt, a., unbounded, unlimited.

unbeträcht'lich, a., inconsiderable, small.

un'bewölkt, a. p. p., unclouded.

und, conj., and.

Undurchdring'lichkeit, f., impenetrability.

un'elastisch, a., inelastic.

un'elektrisch, a., unelectrified, non-electrical.

Unend'liche, a. as subt. n., **-n, n,** infinity.

unentbehr'lich, a., indispensable, requisite, absolutely necessary.

un'erwärmt, a., unwarmed, not heated.

un'fähig, a., incapable, not able.

un'fruchtbar, a., barren, sterile, unfruitful.

un'geändert, a., unchanged.

un'gedreht, a., untwisted, untwined.

un'gefähr, adv., about, almost.

un'gehindert, a., unrestrained, unchecked, free.

un'gelöst, a., undissolved, unsolved.

un'genügend, a., insufficient.

un'geschmolzen, a. p. p., unmelted, undissolved.

un'geschwächt, a., unlessened, unlowered, unweakened.

un'gestört, a., undisturbed, uninterrupted, quiet, peaceable.

un'geteilt, a., whole, undivided, unbroken.

un'gleich, a., unequal, different, uneven, variable.

un'gleichartig, a., dissimilar, unlike.

un'gleichnamig, a., unlike, opposite, opposite in name, of unlike sign.

unlös'lich, a., insoluble.

un'magnetisiert', a., unmagnetized.

unmerk'lich, a., imperceptible; adv., insensibly.

un'mittelbar, a., immediate, direct; adv., at once.

unmög'lich, a., impossible.

un'regelmäs'sig, a., irregular.

un'schädlich, a., harmless, not injurious.

un'scheinbar, a., insignificant, pale, dim, lustreless.

un'schmelzbar, a., infusible, non-fusible.

un'ser, a. and pron. poss., our, ours.

un'sichtbar, a., invisible, imperceptible, obscure.

un'ten, adv., below, beneath, underneath, at the bottom.

un'ter, prep. dat. and acc., under, below, at, with, among; adj., lower.

unterbre'chen, v. tr., to interrupt, break.

un'terbringen, v. tr. sep., to arrange, fix, provide for.

unterdes'sen, adv., meanwhile.

unterdrü'cken, v. tr., to suppress, break, interfere with.

un'tereinan'der, adv., mutually, reciprocally, among themselves.

un'terhalb, prep. w. gen. and adv., below, beneath.

unterhal'ten, v. tr., to support, nourish, keep up, maintain.

Unterhal'tung, f., support, maintenance.

unterir'disch, a., subterranean, under [the] ground.

Un'terlage, f., base, support, foundation, bottom.

Un'tersalpe'tersäure, f., nitrous acid.

unterschei'den, v. tr. reflex., to distinguish, differ, discern, differentiate.

Un'terschied, m., **-s, -e,** difference, distinction (grade).

Un'terseite, f., lower or under side.
un'tersetzen, v. tr. sep., to place underneath.
un'tersinken, v. intr. sep., to sink down, sink, go under.
untersu'chen, v. tr., to examine, investigate, test.
Untersu'chung, f., analysis, investigation.
unverän'derlich, a., unchangeable, invariable, constant.
un'verbrannt, a., unconsumed.
un'versehrt, a., uninjured, sound, unharmed.
Uran', n., **-s, -e,** uranium.
Ur'sache, f., cause, reason.
ursprüng'lich, a., original, initial.
u. s. f., und so fort, adv., and so forth.
u. s. w., und so weiter, adv., and so forth.

V.

v. Chr., vor Christo (vor Christi Geburt), B. C., before Christ.
verän'dern, v. tr., to vary, change, modify.
Verän'derung, f., change, variation.
veräs'telt, a., branched, tufted.
verbin'den, v. tr. reflex., to connect, bind, combine, compound.
Verbin'dung, f., compound, combination, connection, contact; **leitende Verbindung,** conductive communication.
Verbin'dungsli'nie, f., connecting line.
verbrau'chen, v. tr., to use up, use, consume.
verbrei'ten, v. tr. reflex., to spread, extend, diffuse, be transmitted.
verbren'nen, v. tr., to burn, consume.
Verbren'nen, n., **-s, -,** combustion, burning.
Verbren'nung, f., burning, combustion.
Verbren'nungsprodukt', n., **-s, -e,** product of combustion.
Verbren'nungsprozess', m., **-es, -e,** process of combustion.
Verbren'nungsröhre, f., combustion tube.
verdamp'fen, v. tr., to vaporize, evaporate.
Verdamp'fen, n., **-s, -,** vaporization.
Verdamp'fungswär'me, f., heat of vaporization.
verdan'ken, v. tr., to owe.
verdich'ten, v. tr. intr. reflex., to condense.
verdrän'gen, v. tr., to displace, press, crowd out.

verdun'keln, v. tr., to darken, make dark.

verdün'nen, v. tr., to dilute, exhaust; **verdünnt,** a., diluted, dilute.

verdun'sten, v. tr., to evaporate, volatilize, vaporize.

Verdun'sten, n., volatilization, evaporation.

Verdun'stung, f., evaporation.

Verdun'stungskälte, f., cold of vaporization.

Verdun'stungswärme, f., heat of vaporization.

verei'nigen, v. tr., to unite, combine, compound.

Verei'nigung, f., combination, union.

verfah'ren, v. intr., to act, proceed, do.

Verfah'ren, n., **-s, -,** proceeding, course, process.

verfer'tigen, v. tr., to make, fashion.

verflüch'tigen, v. tr. reflex., to volatilize, evaporate.

Vergif'tung, f., poisoning.

vergol'den, v. tr., to gild.

vergrös'sern, v. tr., to enlarge, increase, extend, magnify.

Vergrös'serung, f., enlargement, increase, increasing, extension, magnifying.

verhal'ten, v. tr. and reflex., to control, suppress; reflex., act, behave, be.

Verhal'ten, n., **-s, -,** action, behavior.

Verhäl'tnis, n., **-ses, -se,** relation, proportion, ratio, condition, state.

verhält'nismässig, a., comparative, proportional.

Verhält'niszahl, f., proportional number.

verhin'dern, v. tr., to hinder, prevent, hem, check.

verhü'ten, v. tr., to prevent, avoid, ward off.

verkehrt', p. p. a., reversed, inverted, upside down.

verket'ten, v. tr. reflex., to combine.

verkoh'len, v. tr., to char, carbonize.

Verkoh'len, n., **-s, -,** charring, carbonizing.

verlän'gern, v. tr., to lengthen, produce, extend, elongate.

Verlän'gerung, f., lengthening, production, elongation.

verlas'sen, v. tr., to leave, abandon.

Verlas'sen, n., **-s, -,** leaving.

verlei'hen, v. tr., to communicate, transmit, lend.

verlie'ren, v. tr., to lose.

verlö'schen, v. tr. intr., to put out, extinguish, go out, be extinguished.

Vermeh'rung, f., increase.

vermen'gen, v. tr., to mix, mingle.

vermin'dern, v. tr., to lessen, decrease.

Vermin'derung, f., decrease.

vermit'teln, v. tr., to convey, negotiate, mediate.

Vermit'tler, m., **-s, -,** mediator, agent.

vermö'ge, prep. gen., by virtue of, by dint of, by reason of.

vermö'gen, v. tr. intr., to be able to, to have it in one's power to.

verneh'men, v. tr., to perceive, hear, examine.

verpuf'fen, v. intr. tr., to explode, deteriorate, explode with loud report.

verreis'sen, v. tr., to tear apart, tear to pieces, destroy.

verrin'gern, v. tr., to diminish, decrease, lessen.

Verschie'bung, f., displacement.

verschie'den, a., different, varied, unlike.

Verschie'denheit, f., difference, variation.

verschliess'bar, a., which can be closed, sealed, shut or locked.

verschlies'sen, v. tr., to close, lock, seal.

verschlu'cken, v. tr., to draw in, imbibe, absorb, swallow.

Verschluss', m., **-es, ¨-e,** fastening, lock, shutter, seal, snap-bolt.

verschwin'den, v. intr., to disappear, fade away, vanish.

verse'hen, v. tr., **(mit)** to furnish, provide, supply.

verspü'ren, v. tr., to feel, sense, be conscious of, perceive.

verstär'ken, v. tr., to increase, strengthen, augment, concentrate, intensify, condense; **verstärkend,** a., intensifying.

Verstär'kung, f., condensing, intensifying, strengthening, increase.

Verstär'kungsapparat', m., **-s, -e,** condenser, condensing appliance.

verste'hen, v. tr., to understand.

Versuch', m., **-s, -e,** experiment, attempt.

versu'chen, v. tr., to try, endeavor.

vertei'len, v. tr., to divide, cut up, decompose, communicate, transmit.

vertei'lend, a., communicating, conducting.

Vertei'lung, f., distribution, induction, transmission, communication, influence.

vertikal', a., vertical, perpendicular.

Vertikal'ebene, f., vertical plane or surface.
Vertikal'lage, f., vertical position.
verwan'deln, v. tr. and reflex., to change, transform, **(in)** to become, turn into, be converted into.
Verwand'lung, f., change, transformation.
Verwandt'schaft, f., affinity, relationship.
verwen'den, v. tr., to make use of, apply, utilize.
Verwen'dung, f., use, application.
Verwe'sung, f., decay, decomposition.
verwit'tern, v. intr., to disintegrate, effloresce, decompose, decay, weather.
Verwit'terung, f., weathering, disintegration, decomposition, efflorescence.
verzin'ken, v. tr., to zinc, coat with zinc.
verzin'nen, v. tr., to tin, coat with tin.
Verzö'gerung, f., delay, hesitation, lag.
Vieh'stall, m., **-s, ¨-e,** cowhouse, cattle shed.
viel, a., much, many.
viel'fach, a., manifold; adv., often, frequently, widely, repeatedly.
viel'mal, adv., many times, often.
vier'eckig, a., four cornered, square.
violett', a., violet.
violett'rot, a., violet, purplish.
Vo'gel, m., **-s, ¨-,** bird.
vollen'den, v. tr., to complete, finish, end.
vollkom'men, a., complete, entire, perfect.
voll'ständig, a., complete, whole, entire, perfect.
vollzie'hen, v. tr., to complete, fulfill, end, finish.
Volu'men, n., **-s, -,** pl. also **Volumina,** volume.
Volums'einheit, f., unit of volume.
Volums'verän'derung, f., change in volume.
Volums'vergrös'serung, f., increase in volume.
Volums'verhält'nis, n., **-ses, -se,** proportion by volume.
Volum'teil, m., **-s, -e,** part by volume.
von, prep. dat., of, from, by.
von'einander, adv., one from the other.
vor, prep. dat. acc., before, from, against.
Vor'begriff, m., **-s, -e,** preliminary [idea].
Vor'bereitung, f., preparation, (pl.) preliminaries.

vor'der, a., fore, former, front, foremost, anterior.

vorderhand', adv., for the present, temporarily, meanwhile.

vor'dringen, v. intr. sep., to press forward, advance, progress.

vor'finden, v. tr. sep., to find, meet with, light upon.

Vor'gang, m., **-s**, ¨**-e**, process, action, procedure, phenomenon.

vor'gehen, v. intr. sep. reflex., to proceed, take place, go on; **vor'sichgehend**, occuring, proceeding.

vorhan'den, a., present, at hand.

vorher', adv., before, previously, before-hand.

vorher'gehen, v. sep. intr., to precede, go before; **vorher'gehend**, a., preceding, foregoing.

vo'rig, a., former, previous.

Vorige, n., **-n**, **-n**, the previous, former, foregoing.

vor'kommen, v. sep. intr., to occur, happen, appear, seem.

Vor'kommen, n., **-s**, **-**, occurrence.

Vor'lage, f., condenser, receiver.

vor'mittags, adv., in the forenoon, antemeridianally, A.M.

vor'nehmen, v. tr. reflex. sep., to begin on, undertake; reflex. w. dat., to resolve, intend.

vorn'herein, adv. w. **von**, at the outset, from the beginning.

Vor'richtung, f., apparatus, arrangement.

Vor'sicht, f., no. pl., caution, care, foresight.

vor'sichtig, a., careful, cautious, heedful.

vor'stehen, v. intr. sep., to precede, manage.

vor'stellen, v. sep. tr., to introduce, place before, put before; reflex., to imagine, conceive.

Vor'teil, m., **-s**, **-e**, advantage, profit, gain.

vor'teilhaft, a., advantageous.

vorü'bergehend, adv., temporarily.

vor'wärts, adv., forward, on.

vorzüg'lich, a., excellent, fine, capital; adv., chiefly, mainly, above all.

vor'zugsweise, adv., especially, particularly, preferably.

Vulkan', m., **-s**, **-e**, volcano.

vulka'nisch, a., volcanic.

W,

Wachs, n., **-es**, **-e**, wax.

wachs'artig, a., wax-like, waxy.

wach'sen, v. intr., to grow, increase.
Wachs'kerzchen, n., **-s, -,** wax candle.
Wachs'taffet, m., **-s, -e,** oiled silk, waxed silk.
Wa'ge, f., balance, scales.
wä'gen, v. tr., to weigh.
Wä'gen, n., **-s, -,** weighing.
Wa'genkasten, m., **-s, -,** wagon-body.
Wa'genrad, n., **-es, ¨-er,** wagon-wheel.
Wa'geschale, f., balance pan, scale pan.
wag'recht, a., horizontal, level.
Wä'gung, f., weighing.
wäh'len, v. tr., to choose, select, elect.
wahr, a., real, true, actual.
wäh'rend, prep. gen. and conj., while, during.
wahr'nehmbar, a., perceptible, noticeable, sensible, see **sinnlich.**
wahr'nehmen, v. tr. sep., to perceive, observe.
Wahr'nehmung, f., perception, observation.
Wald, m., **-es, ¨-er,** forest, wood.
wal'len, v. intr., to seethe, boil, simmer, be agitated.
Wand, f., pl. **¨-e,** wall, partition.
wan'deln, v. tr. intr., to wander, travel, go; fig., live.
Wan'dung, f., wall, side.
Wan'ne, f., trough, pan, bath.
warm, a., warm, heated.
warm'blütig, a., warm-blooded.
Wär'me, f., heat, warmth.
Wär'meaus'gleich, m., **-s, -e,** equalization of temperature.
Wär'meein'heit, f., unit of heat, unit quantity of heat, calory.
Wär'meentwicklung, f., evolution of heat.
Wär'meerzeu'gung, f., generation of heat.
Wär'mefort'pflanzung, f., heat transmission.
Wär'megrad, m., **-s, -e,** degree of heat.
Wär'meleiter, m., **-s, -,** heat conductor, conductor.
Wär'meleitung, f., conduction (of heat).
Wär'meleitungsfä'higkeit, f., conductivity.
Wär'meleitungsvermö'gen, n., **-s, -,** conductivity.
Wär'memenge, f., quantity of heat.
Wär'mequelle, f., source of heat.
Wär'mestrahl, m., **-es, -e,** heat ray.
Wär'mestrahlung, f., heat radiation.

Wär'meströmung, f., convection, heat current, heat circulation, heat flow.
Wär'meverhält'nis, n., **-ses, -se,** heat relation.
Wär'mewirkung, f., heat effect.
Wär'mezu'fuhr, f., conduction or introduction of heat.
Wär'mezustand, m., **-s,** ¨**-e,** state of heat, heat.
warum', adv., why? wherefore? for what reason?
was, pron. rel. interrog., what, what? that which.
Wä'sche, f., wash, clothes, laundry.
Wasch'flasche, f., wash-bottle.
Was'ser, n., **-s, -,** (¨), water.
Was'serbildung, f., formation of water.
Was'serbläschen, n., **-s, -,** water-bubble.
Was'serdampf, m., **-es,** ¨**-e,** water vapor, steam.
Was'serfläche, f., surface of water.
was'serfrei, a., anhydrous.
Was'sergehalt', m., **-s, -e,** liquid contents, amount of water, percentage of water.
Was'sergewicht, n., **-es, -e,** weight of water.
Was'serheizung, f., hot-water heating.
wäs'serig, a., watery, aqueous, hydrated, containing water;

wässerige Salzsäure, aqueous solution of hydrochloric acid.
Was'serkörper, m., **-s, -,** body of water.
Was'sermasse, f., mass or body of water.
Was'sermenge, f., quantity of wasser.
Was'sermolekül', n., **-s, -e,** water molecule.
Was'serniveau, n., **-s, -s,** water level, surface of water.
Was'seroberfläche, f., surface of water.
was'serrecht, a., horizontal, level.
Was'serschicht, f., water layer.
Was'serstoff, m., **-s, -e,** hydrogen.
Was'serstoffatom', n., **-s, -e,** hydrogen atom.
Was'serstoffgas, n., **-es, -e,** hydrogen gas.
Was'serstoffgas'flamme, f., hydrogen-gas flame.
Was'serteilchen, n., **-s, -,** particle of water, water molecule.
Was'sertier, n., **-es, -e,** water animal, aquatic animal.
Was'sertröpfchen, n., **-s, -,** drop of water.
Was'sertropfen, m., **-s, -,** drop of water.

Was'servolu'men, n., **-s, -**, pl. also **Volumina**, volume of water.
wech'seln, v. tr., to change, vary, exchange.
wech'selseitig, a., mutual, common, reciprocal, respective.
we'der....noch, conj., neither ....nor.
Weg, m., **-es, -e**, way manner.
weg, adv., away, off, from.
Weg'blasen, n., **-s, -**, blowing away.
we'gen, prep. gen., because of, on account of.
weg'fallen, v. intr. sep., to fall away, be suppressed, be abolished, cease to exist.
weg'führen, v. tr. sep., to conduct, lead.
Weg'nahme, f., removal, taking away.
Weg'schaffen, n., **-s, -**, carrying off, removal.
weg'ziehen, v. tr. sep., to draw or pull off or away, remove.
we'hen, v. intr., to blow.
weich, a., soft, weak.
weil, conj., because.
Wein, m., **-es, -e**, wine.
Wein'geist, m., **-es, -er**, spirits, alcohol.
Wein'geistthermome'ter, n., **-s, -**, spirit thermometer.
Wei'se, f., way, manner, fashion.
wei'sen, v. tr., to show, point, point out, indicate.
weiss, a., white.
weiss'glühend, a., white hot, incandescent.
weit, a., far, broad, large, wide.
welch, adj. and rel. interrog. pron., which, that.
Welt'gegend, f., point of the compass.
Wel'tenraum, m., **-es, ¨-e**, space, universe.
Welt'raum, m., **-es, ¨-e**, space (of the universe).
wen'den, v. tr., to turn, shift.
we'nig, a., little; pl. and pron., few; adv., a little.
we'nigstens, adv., at least.
wenn, conj., when, if, whenever.
wer'den, v. intr., to become, grow, be.
wer'fen, v. tr., to cast, throw.
Werk'zeug, n., **-s, -e**, tool, implement.
wert'voll, a., valuable.
We'sen, n., **-s, -**, nature, being, state, essence, character, organization.
We'senheit, f., essence, state, nature, individuality.
we'sentlich, a., essential, marked, main, vital, material.
weshalb', conj., on which account, for which reason.
We'sten, m., **-s**, West.

west'lich, a., west, westerly.
Wet'ter, n., **-s, -,** weather; **schlagendes Wetter,** fire-damp.
wich'tig, a., weighty, important, essential.
Wich'tigkeit, f., importance, weight.
Wi'derlage, f., abutment, bumper.
Wi'derspruch, m., **-s, ¨-e,** contradiction.
Wi'derstand, m., **-s, ¨-e,** resistance.
widerste'hen, v. tr., to resist, withstand, oppose.
wid'men, v. tr., to devote, dedicate, consecrate.
wie, adv. conj., how, as.
wie'der, adv., again.
wiederho'len, v. tr., to repeat.
Wiederho'len, n., **-s, -,** repetition, repeating.
wie'gen, v. intr., to weigh, have weight.
Wien, n., **-s,** Vienna.
Wind, m., **-es, -e,** wind.
Wind'ofen, m., **-s, ¨-,** wind-furnace, furnace in which draught is furnished by a chimney in distinction from blast-furnace.
Wind'rose, f., wind-rose, compass-card.
Wind'stille, f., calm.
Win'kel, m., **-s, -,** angle, corner, elbow; **rechter Winkel,** right angle, square.
Win'ter, m., **-s, -,** winter.
Win'terkälte, f., winter cold.
wir, pron. per., we.
wir'ken, v. tr., to act, work, effect.
Wirk'lichkeit, f., reality.
Wirk'samkeit, f., operation, activity; **in Wirk. setzen,** to start, start going.
Wir'kung, f., action, effect, working.
wirr, a., confused; **wirr durcheinander,** adv., in confusion, in disorder, helter-skelter.
Wis'mut, n. m., **-es, -e,** bismuth.
wis'sen, v. tr., to know, know how.
Wit'terung, f., weathering, disintegration.
wo, adv. conj., where.
wobei', conj., in which, where, in the course of which.
wodurch', conj., whereby, by which means.
wohl, adv., well, to be sure, of course, perhaps.
wohl'geschliffen, a., well polished.
Wol'ke, f., cloud.
Wol'kenelektrizität', f., cloud electricity.
wol'kenlos, a., cloudless.

wol'len, v. aux., to wish, will, want to.
Woll'tuch, n., **-es**, ¨**er**, woolen cloth.
woraus', conj., from which.
Wort, n., **-es**, ¨**er (-e)**, word, saying, dictum.
Wür'fel, m., **-s**, -, cube, die.
Wur'zel, f., root.
Wü'ste, f., desert.

Z.

zäh'flüssig, a., viscuous, semi-fluid.
Zahl, f., number, numeral, figure.
zäh'len, v. tr., to count, reckon, (**zu**) to class among, reckon to.
zahl'reich, a., numerous, abundant, copious.
z. B., zum Beispiel, for example.
zei'gen, v. tr., to show, point out, indicate.
Zei'ger, m., **-s**, -, indicator, pointer, needle, hand (of clock).
Zeit, f., time.
Zeit'lang, f., **eine Zeitlang**, for a time, for a while.
Zeit'un'terschied, m., **-s**, **-e**, difference in time.
Zentesimal'grad, m., **-es**, **-e**, centesimal degree, degree of centigrade thermo.
zerber'sten, v. intr., to burst or split (asunder), rend.
zerbre'chen, v. tr., to crush, break to pieces, pulverize, smash.
Zerbre'chen, n., **-s**, -, pulverizing, crushing, breaking up.
zerbrech'lich, a., brittle, frail, fragile.
zerdre'hen, v. tr., to twist apart, distort.
Zerdre'hen, n., **-s**, -, distortion.
zerdrü'cken, v. tr., to crush, mash.
Zerdrü'cken, n., **-s**, -, crushing,
zerfal'len, v. intr., to break up, be decomposed.
zerfa'sern, v. tr., to pulverize, to reduce to fibre or pulp.
zerflies'sen, v. intr., to deliquesce, dissolve, melt.
zerleg'bar, a., divisible, decomposable.
zerle'gen, v. tr., to resolve, decompose, divide, disintegrate.
Zerle'gung, f., decomposition, analysis.
zerrei'ben, v. tr., to grind to powder, pulverize, grate.
zerreis'sen, v. tr. intr., to tear (apart), part, rend, tear to pieces.
Zerreis'sen, n., **-s**, -, tearing (apart), parting.
zerset'zen, v. tr., to decompose, disintegrate.

Zerset'zung, f., solution, decomposition, breaking-up process.

zersprin'gen, v. intr., to burst, fly [to pieces].

zerstie'ben, v. intr., to crumble, fly [to pieces].

zerstö'ren, v. tr., to destroy, disorganize, extinguish.

zerstreu'en, v. tr., to scatter, diffuse; **zerstreutes Licht,** diffused light.

zerstü'ckeln, v. tr., to cut up, break up.

zertei'len, v. tr., to divide, separate, break up, decompose, resolve.

Zick'zackform, f., zigzag shape.

zie'hen, v. tr., to draw, pull, move.

ziem'lich, adv., pretty, tolerably, rather.

zier'lich, a., dainty, fragile, delicate.

Zim'mer, n., **-s, -,** room.

Zink, n., **-es, -e,** zinc.

Zink'feilicht, n., **-s, -e,** zinc filings.

Zink'vitriol', m., **-s, -e,** white vitriol, zinc sulphate.

Zinn, n., **-es, -e,** tin.

zin'nern, a., (of) tin or pewter.

Zinno'ber, m., **-s, -,** cinnabar, red sulphide of mercury, vermilion.

zi'schen, v. intr., to hiss, whiz, whir.

Zi'schen, n., **-s, -,** hissing.

Zo'ne, f., zone.

zu, prep. dat., to, at, for.

Zu'cker, m., **-s, -,** sugar.

Zu'ckerlösung, f., sugar solution.

Zu'ckersubstanz', f., sugar, saccharine matter.

zu'decken, v. tr. sep., to cover up, cover.

zuerst', adv., at first, first.

zu'führen, v. sep. tr., to conduct to, lead to, bring to.

Zug, m., **-es, ¨-e,** pull, current, draught, strain, stress, distorting force.

zugleich', adv., at the same time, simultaneously.

zu'kehren, v. tr. sep., to turn to, turn toward.

zu'kommen, v. intr. sep., to be characteristic of, peculiar to, to accrue to.

zu'leiten, v. tr. sep., to conduct to.

zumeist', adv., mostly, generally, for the most part.

zunächst', adv., next, first, immediately.

Zu'nahme, f., increase.

zün'den, v. tr., to kindle, set fire to, light.

zu'nehmen, v. intr. sep., to increase.

Zun'ge, f., tongue.
zurück', adv., back.
zurück'bleiben, v. intr. sep., to remain (behind), be left over.
zurück'fallen, v. intr. sep., to fall back.
zurück'führen, v. tr. sep., to lead back, bring back.
zurück'kehren, v. intr. sep., to return, go back.
zurück'werfen, v. tr. sep., to reflect, to cast or throw back.
Zusam'menballung, f., agglomeration, conglomeration.
zusam'menbringen, v. tr. sep., to bring together, unite, combine.
Zusam'menbringen, n., **-s**, **-**, uniting, combining.
zusam'mendrängen, v. tr. sep., to condense, compress, concentrate.
zusam'mendrücken, v. tr. sep., to compress, press together, press in.
zusam'menfallen, v. intr. sep., to coincide, to fall together.
zusam'menfliessen, v. intr. sep., to flow together, coalesce, fuse.
Zusam'menfliessen, n., **-s**, **-**, fusion, uniting, merging.
zusam'menfügen, v. tr. sep., to join together, unite.
Zusam'menhang, m., **-s**, ¨**-e**, coherence, connection, association.
zusam'menhangen, v. intr. sep., to hang together, cohere, be connected.
zusam'menlegen, v. tr. sep., to place or put together.
Zusam'menpressung, f., compression, pressing together.
zusam'mensetzen, v. tr. sep., to compose, put together, combine.
Zusam'mensetzung, f., composition, synthesis.
Zusam'menstellung, f., list, classification, grouping.
zusam'menstossen, v. tr. sep., to join, to meet, come together, strike together.
zusam'menziehen, v. tr. sep., to contract, draw together, shrink.
Zusam'menziehung, f., contraction, shrinking.
Zu'satz, m., **-es**, ¨**-e**, addition, supplement, alloy.
zu'schmelzen, v. tr. sep., to seal hermetically, to close up by melting or fusion.
zu'schreiben, v. tr. sep., to ascribe to, assign to, attribute to.
zu'setzen, v. tr. sep., to add.
Zu'stand, m., **-s**, ¨**-e**, state, condition.

zu'strahlen, v. tr. sep., to radiate, sent out, transmit (by radiation).

zu'strömen, v. intr. sep., to pass to, flow, stream.

zuwei'len, adv., at times, sometimes.

zu'wenden, v. tr. sep., to turn toward or to; **zugewendet,** p. p. a., near, nearer, turned to; facing.

zwar, adv., indeed, to be sure.

Zweck, m., **-es, -e,** purpose, end, use, object.

zwei, num., two; **zweiter,** etc., second.

zwischen, prep. dat. and acc., between.

zwi'schenliegen, v. intr. sep., to lie betwen, be situated between, interlie.

zwi'schenliegend, a., intervening.

Zwi'schenraum, m., **-s, ¨-e,** intervening space, interval.

Zwi'schenstelle, f., intervening space, space between.

Zylin'der, m., **-s, -,** cylinder.

Zylin'derhäl'fte, f., half (of) cylinder.

zylin'drisch, a., cylindrical.

ALPHABETICAL LIST OF STRONG AND IRREGULAR VERBS.

PARTS OF COMPOUND VERBS SHOULD BE SOUGHT UNDER THE CORRESPONDING SIMPLE VERB.

INFIN.	PAST IND.	PAST PART.	PRESENT INDIC. 2d and 3d sing.
beginnen	begann	begonnen	regular
bergen	barg	geborgen	birgst, birgt
bersten	barst	geborsten	birstest, birst
biegen	bog	gebogen	regular
bieten	bot	geboten	regular
binden	band	gebunden	regular
blasen	blies	geblasen	bläsest, bläst
bleiben	blieb	geblieben	regular
brechen	brach	gebrochen	brichst, bricht
brennen	brannte	gebrannt	regular
bringen	brachte	gebracht	regular
denken	dachte	gedacht	regular
dringen	drang	gedrungen	regular
dürfen	durfte	gedurft	darfst, darf
empfinden	empfand	empfunden	regular
erfahren	erfuhr	erfahren	erfährst, erfährt,
erlöschen	erlosch	erloschen	erlischest, erlischt,
fallen	fiel	gefallen	fällst, fällt
fangen	fing	gefangen	fängst, fängt
finden	fand	gefunden	regular
fliegen	flog	geflogen	regular
fliessen	floss	geflossen	regular
fressen	frass	gefressen	frissest, frisst
geben	gab	gegeben	gibst, gibt
gehen	ging	gegangen	regular
gelingen	gelang	gelungen	regular

Infin.	Past Ind.	Past Part.	Present Indic. 2d and 3d sing.
gelten	galt	gegolten	giltst, gilt
geschehen	geschah	geschehen	geschiehst, geschieht,
gewinnen	gewann	gewonnen	regular
giessen	goss	gegossen	regular
gleichen	glich	geglichen	regular
glimmen	glomm	geglommen	regular
graben	grub	gegraben	gräbst, gräbt
greifen	griff	gegriffen	regular
haben	hatte	gehabt	hast, hat
halten	hielt	gehalten	hältst, hält
hangen	hing	gehangen	hängst, hängt
heben	hob	gehoben	regular
heissen	hiess	geheissen	regular
helfen	half	geholfen	hilfst, hilft
kennen	kannte	gekannt	regular
kommen	kam	gekommen	regular
können	konnte	gekonnt	kannst, kann
laden	lud	geladen	lädst, lädt
lassen	liess	gelassen	lässest, lässt
laufen	lief	gelaufen	läufst, läuft
leiden	litt	gelitten	regular
leihen	lieh	geliehen	regular
lesen	las	gelesen	liesest, liest
liegen	lag	gelegen	regular
meiden	mied	gemieden	regular
messen	mass	gemessen	missest, misst
mögen	mochte	gemocht	magst, mag
müssen	musste	gemusst	musst, muss
nehmen	nahm	genommen	nimmst, nimmt
nennen	nannte	genannt	regular
raten	riet	geraten	rätst, rät
reiben	rieb	gerieben	regular

Infin.	Past Ind.	Past Part.	Present Indic. 2d and 3d sing.
reissen	riss	gerissen	regular
rennen	rannte	gerannt	regular
riechen	roch	gerochen	regular
rinnen	rann	geronnen	regular
rufen	rief	gerufen	regular
saugen	sog	gesogen	regular
schaffen	schuf	geschaffen	regular
scheiden	schied	geschieden	regular
scheinen	schien	geschienen	regular
schieben	schob	geschoben	regular
schiessen	schoss	geschossen	regular
schlagen	schlug	geschlagen	schlägst, schlägt
schleifen	schliff	geschliffen	regular
schliessen	schloss	geschlossen	regular
schmelzen	schmolz	geschmolzen	schmilzest, schmilzt
schneiden	schnitt	geschnitten	regular
schrauben	schrob	geschroben	regular
schreiben	schrieb	geschrieben	regular
schreiten	schritt	geschritten	regular
schwimmen	schwamm	geschwommen	regular
schwinden	schwand	geschwunden	regular
sehen	sah	gesehen	siehst, sieht
sein	war	gewesen	bist, ist
senden	sandte	gesandt	regular
singen	sang	gesungen	regular
sinken	sank	gesunken	regular
sitzen	sass	gesessen	regular
sollen	sollte	gesollt	sollst, soll
spinnen	spann	gesponnen	regular
sprechen	sprach	gesprochen	sprichst, spricht
springen	sprang	gesprungen	regular
stechen	stach	gestochen	stichst, sticht

Infin.	Past Ind.	Past Part.	Present Indic. 2d and 3d sing.
stehen	stand	gestanden	regular
steigen	stieg	gestiegen	regular
sterben	starb	gestorben	stirbst, stirbt
stossen	stiess	gestossen	stössest, stösst
streichen	strich	gestrichen	regular
tun	tat	getan	regular
tragen	trug	getragen	trägst, trägt
treffen	traf	getroffen	triffst, trifft
treiben	trieb	getrieben	regular
treten	trat	getreten	trittst, tritt
trinken	trank	getrunken	regular
verderben	verdarb	verdorben	verdirbst, verdirbt,
vergessen	vergass	vergessen	vergissest, vergisst,
verlieren	verlor	verloren	regular
wachsen	wuchs	gewachsen	wächsest, wächst,
waschen	wusch	gewaschen	wäschest, wäscht,
weben	wob	gewoben	regular
weichen	wich	gewichen	regular
weisen	wies	gewiesen	regular
wenden	wandte, wendete	gewandt, gewendet	regular
werden	ward, wurde	geworden	wirst, wird
werfen	warf	geworfen	wirfst, wirft
wiegen	wog	gewogen	regular
winden	wand	gewunden	regular
wissen	wusste	gewusst	weisst, weiss
wollen	wollte	gewollt	willst, will
ziehen	zog	gezogen	regular
zwingen	zwang	gezwungen	regular

FOURTEEN DAY USE
RETURN TO DESK FROM WHICH BORROWED

This book is due on the last date stamped below, or on the date to which renewed.
Renewed books are subject to immediate recall.

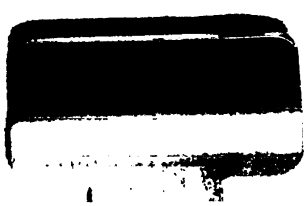
30Mar'56VH
MAR 1 6 1956 LU
11May'59BB
REC'D LD
MAY 4 1959
2Feb'61LF
REC'D LD
FEB 2 1961
6Oct'61GC
REC'D LD
SEP 22 1961

LD 21–100m-2,'55
(B139s22)476

General Library
University of California
Berkeley

YC 01173

926549

847
W197

THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY